Aus der Universitätsklinik für Ohren-, Nasen- und Kehlkopfkranke, Heidelberg,
Direktor: Professor Dr. W. Kümmel.

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

EXPERIMENTELLE SCHÄDIGUNGEN

DES

GEHÖRORGANES

HABILITATIONSSCHRIFT

ZUR

ERLANGUNG DER VENIA DOCENDI

IN DER OHRENHEILKUNDE

EINER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

RUPRECHTS-KARLS-UNIVERSITÄT ZU HEIDELBERG

VORGELEGT VON

Dr. HERMANN MARX,
I. Assistenten der Universitätsklinik für Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfkranke zu Heidelberg.

MIT 2 ABBILDUNGEN IM TEXT UND DEN TAFELN I—VI.

WIESBADEN.
VERLAG VON J. F. BERGMANN.
1909.

Aus der Universitätsklinik für Ohren-, Nasen- und Kehlkopfkranke, Heidelberg
Direktor: Professor Dr. W. Kümmel.

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

EXPERIMENTELLE SCHÄDIGUNGEN

DES

GEHÖRORGANES

HABILITATIONSSCHRIFT

ZUR

ERLANGUNG DER VENIA DOCENDI

IN DER OHRENHEILKUNDE

EINER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

RUPRECHTS-KARLS-UNIVERSITÄT ZU HEIDELBERG

VORGELEGT VON

Dr. HERMANN MARX,
I. Assistenten der Universitätsklinik für Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfkranke zu Heidelberg.

MIT 2 ABBILDUNGEN IM TEXT UND DEN TAFELN I—VI.

WIESBADEN.
VERLAG VON J. F. BERGMANN.
1909.

(Aus der Universitätsklinik für Ohren-, Nasen- und Kehlkopfkranke, Heidelberg. [Direktor: Professor Dr. W. Kümmel].)

Untersuchungen über experimentelle Schädigungen des Gehörorganes.

Von Privatdozent Dr Hermann Marx,
I. Assistenten der Klinik.

A. Über mechanische Zerstörungen des Gehörorganes.

I. Versuche am Cochlearisorgan.

Zur Erforschung der Physiologie des Ohrlabyrinthes hat man sich schon frühzeitig des Experimentes bedient. Besonders unsere jetzigen Kenntnisse über die Funktion des Vestibularorganes sind auf dasselbe aufgebaut, während für die Erkenntnis der Funktion des Cochlearisorganes das Experiment weniger geleistet hat. Dies rührt daher, dass bei Veränderungen am Bogengangsapparate Störungen auftreten, die leicht objektiv beobachtet werden können, während wir bei Versuchen an der Schnecke über das Hörvermögen eines Tieres nur indirekt unsere Schlüsse ziehen können. Wir können streng genommen überhaupt nicht sagen: »ein Tier ist taub«, sondern nur, es reagiert nicht auf akustische Reize. Wie schwierig die ganze Frage ist, geht daraus hervor, dass die verschiedenen Forscher in der Deutung ihrer Versuche oft zu gerade entgegengesetzten Ansichten gekommen sind. Die Wahl des Versuchstieres spielt hierbei eine grosse Rolle. Während z. B. die Taube geradezu das klassische Versuchsobjekt für Vestibularisuntersuchungen darstellt, eignet sie sich in keiner Weise für Experimente über das Gehör. Ich erinnere nur an die Ewald-Wundtsche Hypothese der direkten Erregbarkeit des Nervus cochlearis durch Schall, die sich auf Experimente an der Taube gründete und von den meisten Forschern jetzt für falsch gehalten wird. — Noch schwieriger werden die Verhältnisse, wenn genau festgestellt werden soll, welche verschiedenen Töne von dem Versuchstiere wahrgenommen werden. Hierbei spielen subjektive Momente noch mehr eine Rolle und die Reaktion ist oft eine ganz enorm verschiedene. Bekannt ist z. B. das Verhalten mancher Hunde, die eine Idiosynkrasie gegen hohe Töne und Geräusche besitzen und beim Erklingen derselben eine starke Unlustempfindung

zeigen, die sich in Ausbrechen in lautes Geheul und Gebell äussert. Man wird sich hüten, hieraus zu schliessen, dass ein solches Tier die tiefen Töne nicht, oder auch nur schlechter höre, als die hohen. Alle die Versuche, die sich auf nur unbestimmte Reaktion der Tiere begründen, sind deshalb nur von fraglichem Werte, und schwerwiegende Schlussfolgerungen, wie sie z. B. Autenrieth und Kerner bezüglich der Funktion des Trommelfelles aus Gehörprüfungen bei Hunden, Katzen, Pferden, Kühen, Igeln u. s. w. ziehen, werden wir heute als zu schlecht begründet ablehnen. So kam auch Esser, der die Versuche der Autoren wiederholte, zu ganz anderem Resultat als diese. Neuerdings hat Rothmann eine Methode angewandt, die anscheinend einwandsfreie Resultate gibt. Diese sogen. Dressurmethode besteht darin, dass Hunde abgerichtet werden, beim Erklingen eines bestimmten Tones, des sogen. »Fleischtones", ihr Futter zu nehmen, sodass sich also eine feste Assoziation zwischen dem Tone und einer bestimmten Funktion bei dem Tiere bildet. Wenn das Tier beim Erklingen des Tones konstant nicht mit der andressierten Tätigkeit reagiert, so sind wir berechtigt anzunehmen, dass es den Ton nicht wahrnimmt. Übrigens hat Esser schon 1877 auch eine Art Dressurmethode angewandt, indem er die grosse Terz als »Fleischton« verwandte.

Wichtiger als die Beobachtung des allgemeinen Verhaltens eines Tieres, das durch mancherlei andere psychische Bedingungen beeinflusst wird, sind die rein reflektorischen Bewegungen, die auf Schalleinwirkung eintreten. Ein »objektiver Indikator der Schallempfindung«, wie sie von Stein nennt, sind sie jedoch sicherlich auch nicht. Man darf zwar annehmen, dass das Tier eine Schallempfindung hat, wenn der Reflex auftritt, aber man kann doch nicht bestimmt sagen, dass es keine Schallempfindung hat, wenn der Reflex nicht auftritt.

Interessant sind die Untersuchungen über die reflektorische Kontraktion des Tensor tympani von Hensen, Bockendahl und Pollak. Letzterer Autor wies nach, dass nach Zerstörung der Schnecke die reflektorischen Kontraktionen des Tensor nicht mehr auftreten. Einwandfrei sind jedoch diese Versuche auch nicht, besonders da eine mikroskopische Untersuchung nicht vorgenommen wurde und deshalb die Ausdehnung der Schneckenzerstörung nicht sicher festgestellt ist. Ein Nachteil der Versuche ist auch, dass dabei ein grösserer operativer Eingriff am schalleitenden Apparate vorgenommen werden muss, sodass die Verhältnisse daran nicht mehr der Norm entsprechen.

Auf einen viel leichter und ohne Eingriff zu beobachtenden Reflex

beim Meerschweinchen hat Preyer zuerst aufmerksam gemacht. Er fand bei neugeborenen noch nicht 12 Stunden alten Tieren, dass sie auf Anstreichen von Stimmgabeln, die eine Schwingungszahl von 1000—14000 hatten, ganz maschinenmäfsig mit einer Zuckung der Ohrmuscheln reagierten. Er vergleicht diesen mit aller Sicherheit auftretenden Reflex mit dem der Pupillenverengerung auf Lichteinfall. Beim erwachsenen Tiere ist der Reflex ebenso, nur geringer und bei Wiederholungen schwächer. Spätere Untersucher, so Stepanow, haben diese Resultate bestätigt. Eine systematische Nachprüfung besonders mit Tönen verschiedener Höhe hat jedoch, soweit ich die Literatur überblicke, bis jetzt nicht stattgefunden. — Von Stein hat unter verschiedenen Bedingungen das Auftreten des Reflexes geprüft. Er fand individuelle Unterschiede, ferner, dass im mittleren Alter der Tiere der Reflex am stärksten auftritt, und dass bei oftmaliger Wiederholung desselben Tones Ermüdung eintritt. Neuerdings hat Aggazzotti genauere Untersuchungen mit Hilfe der graphischen Methode über den Ohrmuschelreflex vorgenommen. Er kennt die Untersuchungen Preyers und der anderen Autoren nicht und ist der Ansicht, dass der Reflex von ihm zuerst beobachtet sei. Als Schallquelle benutzt er das Herabfallen eines kleinen Hämmerchens auf eine Glasglocke. Bei einem Ton in der Sekunde oder weniger bleiben die Reflexe dauernd gleichmäfsig. Steigt die Frequenz auf 5 in der Sekunde, so nehmen die Kontraktionen ab und werden dann tetanusartig. — Derselbe Autor hat auch Untersuchungen des Reflexes bei verändertem Luftdruck vorgenommen. Er fand, dass bei herabgesetztem Luftdrucke die Töne sich langsamer folgen müssen, als bei normalem, um dieselbe konstante Kurve zu erreichen. Bei rascherer Aufeinanderfolge wird der Reflex rasch kleiner und unregelmäfsiger. Ebenso findet ein Schwächerwerden des Reflexes bei Verminderung des Luftsauerstoffes statt.

Es lag nahe, das Verhalten des Reflexes bei experimentellen Zerstörungen der Schnecke zu studieren, und eine Reihe von Autoren hat auch diesen Weg beschritten, um über die physiologische Bedeutung der Schnecke Klarheit zu schaffen.

Gellé, der als erster Zerstörungen der Schnecke beim Meerschwein vorgenommen hat, kannte den Ohrmuschelreflex noch nicht. Er sagt nur, dass nach einseitiger Zerstörung das Tier die Ohren bei Geräusch »spitze«. Nach doppelseitiger Zerstörung hörte ein Versuchstier noch gut, bei einem anderen trat nach 12 Tagen Taubheit ein. Eine anatomische Untersuchung wurde von Gellé nicht vorgenommen,

es ist deshalb ganz unsicher, in welcher Ausdehnung die Schnecke zerstört worden ist.

Corradi hat dann unter Benützung des Preyerschen Reflexes als Indikator für das Hörvermögen der Tiere Schneckenzerstörungen beim Meerschweinchen vorgenommen. Als Schallquelle bei seinen Hörprüfungen verwandte er die Mundharmonika, Händeklatschen, eine Glocke u. s. w., und besonders die Galtonpfeife, die mit dem Munde angeblasen wurde. Die Operationsmethoden waren verschieden, entweder er ging mit feinem geknöpftem Messer durch das Trommelfell durch und zerstörte die Schnecke, oder er entfernte nach Ablösung der Ohrmuschel das Trommelfell und die Gehörknöchelchen und zerstörte dann die Schnecke mit einer Nadel. Das Resultat seiner Versuche war folgendes: Nach Zerstörung der Schnecke auf beiden Seiten tritt vollständige Taubheit ein. Nach einseitiger Zerstörung tritt für mehrere Stunden totale Taubheit ein, nach und nach kommt das Hörvermögen wieder und nach mehreren Tagen ist der Ohrmuschelreflex wieder vorhanden wie früher, nur ist die Reaktion auf der operierten Seite etwas geringer. Weiter machte er auch partielle Zerstörungen, und zwar wurden entweder beiderseits die Schnecken partiell zerstört oder die eine partiell, die andere total. Die Resultate waren verschieden. In der Regel trat totale Taubheit ein, nicht selten jedoch auch nach einigen Tagen wieder Hörvermögen für starke Töne und die Galtonpfeife. Für wichtig hält Corradi die Beobachtung, dass bei einer Zerstörung der oberen Partie der Schnecke die tiefen Töne der Galtonpfeife schlechter gehört wurden. Es wurde hier in einem Falle die partielle Zerstörung mikroskopisch nachgewiesen. Corradi glaubt, dass dies Resultat seiner Untersuchung als Stütze für die Helmholtzsche Theorie verwendet werden könne.

Von Stein durchbohrte die Spitze der Schnecke mit der Nadel. »Nach dem Erwachen aus der Narkose wird die Ohrmuschelreaktion und auch nur bei sehr starken Tönen merklich. Am folgenden Tage wurde ein Schwächerwerden der Reaktion nicht nur auf der operierten, sondern auch auf der anderen gesunden Seite wahrgenommen«. Hier bleibt er dauernd schwach. Nach vollständiger Zerstörung der Schnecke reagierte das Tier durch eine Bewegung der Ohrmuschel überhaupt nicht. Später kommt der Reflex anscheinend wieder, doch sind aus der unklaren Beschreibung von Steins die Folgeerscheinungen der Operation nicht klar zu ersehen.

Von späteren Autoren geht, soweit ich die Literatur überblicke, nur Dreyfuss auf den Ohrmuschelreflex des Meerschweinchens näher

ein. Er bemerkt nebenbei in einer Untersuchung über die nichtakustische Funktion des Ohrlabyrinthes, dass die Reaktion des Meerschweinchenohres auf hohe Pfiffe oder Zwitschern (er nennt deshalb die Reaktion eigentümlicherweise »Zwitscherreaktion«) nicht nach Zerstörung des Trommelfelles verschwinde, dass sie aber verschwinde nach partieller oder totaler Zerstörung der Schnecke des betreffenden Ohres, und zwar sowohl nach Zerstörung der obersten Windung, als auch nach der der Basalwindung. Ebenso fand er auch ein Verschwinden des Reflexes nach Zerstörung des Vorhofes und der Bogengänge, was er auf unvermeidliche Zerstörung des Sacculus hierbei zurückführt. Die Reaktion soll nur ein Reagens auf gutes Gehör sein, ihr Ausbleiben beweise nicht eine starke Herabsetzung oder vollständigen Verlust des Gehörvermögens.

Aus der im vorstehenden gegebenen Literaturübersicht geht hervor, dass die bisherigen Untersuchungen spärlich sind und die Resultate der einzelnen Autoren nicht übereinstimmen. Ein Fehler haftet allen Untersuchungen an, es sind einmal später keine ausreichend genaue anatomische Untersuchungen vorgenommen worden, weiter ist der Reflex nicht systematisch mit Tönen verschiedener Höhe untersucht worden. Auch die Untersuchungen Corradis sind nicht einwandfrei, zumal da ihre Zahl zu gering und da bei der Methode seines Experimentierens stets eine stärkere Zerstörung im Mittelohr hervorgerufen wurde, sodass der Ausfall der Hörprüfung vielleicht nicht nur auf die Operation an der Schnecke zu beziehen ist. Deshalb wird man seine Resultate nicht als sichere Stütze für die Helmholtzsche Resonanztheorie verwerten können. Sollten sie sich aber bei einwandfreien in grösserer Anzahl vorgenommenen Versuchen bestätigen, so wäre damit allerdings ein wichtiger Beitrag zur Physiologie der Schnecke gewonnen.

Diese Gesichtspunkte veranlassten mich, in grösserer Versuchsreihe systematisch Zerstörungen der Meerschweinchenschnecke vorzunehmen, dabei durch genaue »Hörprüfungen« den Preyerschen Reflex zu untersuchen und endlich durch genaue anatomische Untersuchungen festzustellen, wie weit die experimentelle Zerstörung in der Schnecke vorgedrungen ist und welche pathologisch-anatomischen Veränderungen die verschiedenen Arten von Schädigungen zur Folge haben. Als Voruntersuchung war zunächst nötig, bei einer grossen Anzahl von Meerschweinchen den Preyerschen Reflex mit der kontinuierlichen Tonreihe zu untersuchen, um den normalen Hörbereich des Meerschweinchens festzustellen. (Ich spreche nur der Kürze halber von »Hören« statt von Reaktion auf Töne mit der Ohrmuschel; ich bin mir bewusst, dass dies von vornherein nicht als identisch aufgefasst werden darf.)

Untersuchungen über den Hörbereich des Meerschweinchens.

Die Stimmgabeln der Bezold-Edelmannschen Tonreihe erwiesen sich als nicht geeignet für meine Versuche, da die Meerschweinchen auf dieselben zu unsicher reagierten wegen der geringen Intensität des Tones. Ich verwandte deshalb die gedackten Pfeifen von Urbantschitsch, die durch eine Harmonika angeblasen werden, und für die höheren Töne die Galtonpfeife. Diese Schallquellen sind wohl auch nicht absolut einwandfrei, da die Töne nicht ganz rein sind, aber eine bessere kontinuierliche Tonreihe ist für die Versuche wohl schwer zu beschaffen. Bei den Untersuchungen muss sehr darauf geachtet werden, dass die Tiere den Luftzug nicht spüren, da sie auf denselben auch bei absoluter Taubheit mit einem prompten Zucken der Ohrmuschel reagieren. Ich ging deshalb so vor, dass ich die Tiere hinter eine Glasplatte setzte und vor derselben die Pfeife anblies, sodass das Tier, das vor dem Luftzug geschützt ist, doch gut zu beobachten ist. Es muss hervorgehoben werden, dass die Bewegung der Ohrmuschel nicht immer so deutlich ist, dass sie sofort mit Sicherheit zu erkennen ist. Manche unruhige Tiere machen spontan oft leichte Zuckungen, die denselben Charakter zeigen wie die reflektorisch durch Schall ausgelösten; weiter ist es auch oft schwer, geringe Zuckungen zu erkennen. Ferner kommt es vor, dass ein Tier einmal auf einen bestimmten Ton reagiert, dann auf denselben wieder nicht, ohne dass sich die Bedingungen geändert hätten.

Ich gebe zunächst in tabellarischer Form die Übersicht über die Hörprüfungen von 40 Meerschweinchen.

Tabelle I.

1	c—d^7	11	G—a^7	21	A—f^7	31	c—e^8
2	A—h^7	12	H—g^7	22	c—g^7	32	E—f^8
3	c—g^7	13	A—g^7	23	c—h^7	33	c—f^8
4	A—a^7	14	A—g^7	24	A—e^7	34	C—h^7
5	d—a^7	15	c—e^7	25	0	35	A—c^8
6	c—g^7	16	A—g^7	26	c^5—e^7	36	H—f^8
7	G—e^7	17	H—g^7	27	0	37	c—d^8
8	A—h^7	18	c—h^7	28	A—h^7	38	c—a^7
9	G—e^7	19	H—g^7	29	c—e^7	39	E—g^7
10	e—h^7	20	G—h^7	30	H—h^7	40	A—f^8

1—30 erwachsene Tiere.
31—40 neugeborene Tiere.

Das Resultat dieser Untersuchungen ist also ziemlich einheitlich. Die untere Hörgrenze liegt am Ende der grossen oder am Anfange der kleinen Oktave, die obere im Mittel in der 7. Oktave. Die neugeborenen Tiere »hören« im allgemeinen besser als die erwachsenen, besonders ist ihre obere Grenze höher hinaufgerückt. Der Ausschlag der Ohrmuschel ist bei den hohen Tönen intensiver als bei den tiefen. Die drei Tiere, welche keine Reaktion oder nur eine solche auf hohe Töne zeigten, wurden sofort getötet und eine mikroskopische Untersuchung ihrer Gehörorgane vorgenommen. Dieselbe ergab starke Veränderungen. Ich gebe den genaueren mikroskopischen Befund weiter unten im Zusammenhang mit dem der experimentellen Schneckenzerstörungen.

Weiter habe ich auch Untersuchungen über Ermüdungserscheinungen beim Preyerschen Ohrmuschelreflexe angestellt. Es wurden hierbei ebenfalls die Harmonikapfeifen und dann auch die gedackten Pfeifen der Bezold-Edelmannschen Tonreihe verwandt. Mit diesen wurden die Tiere möglichst rasch hintereinander längere Zeit angepfiffen. Es ergab sich hierbei, dass bei dieser Methode ein Schwächerwerden oder Verschwinden des Reflexes nicht zu beobachten war. Wenn ein Tier mit sehr schrillem unreinem Tone länger angepfiffen wurde, so trat zwar eine gewisse Betäubung des Tieres ein, aber sofort nachdem diese vorbei war, stellte sich der Ohrmuschelreflex wieder in normaler Weise ein.

Nach diesen Voruntersuchungen gehe ich nun zu den Zerstörungsversuchen selbst über, muss jedoch des Verständnisses halber einige Bemerkungen über die Anatomie des Meerschweinchenohres und über die Versuchs- und Untersuchungstechnik vorausschicken.

Der Hauptraum des Mittelohres ist in der sog. Bulla ossea gelegen, die eine halbkugelige etwas abgeplattete Kapsel vorstellt und unter dem hinteren Teil des Schädels liegt. Die laterale Wand der Bulla trägt den kurzen knöchernen Gehörgang und den stark vorspringenden Annulus tympanicus; hinten und etwas oben von der Gehörgangsöffnung liegt das Foramen des Nervus facialis. An der medialen Wand liegt frei in die Pauke hineinragend die knöcherne Schnecke mit ihren $3^1/_2$ Windungen. Ihre Achse steht annähernd horizontal. Das Schneckenfenster liegt nach oben und aussen geneigt und ist von ansehnlicher Grösse; direkt über ihm, und durch eine kleine schmale knöcherne Leiste von ihm getrennt, liegt das ovale Fenster. Vor der Schneckenspitze geht nach vorn und medial die Tube ab, die makro-

skopisch als feinster Spalt sichtbar ist. An diese Hohlräume der Bulla setzen sich zwei Nebenhöhlen an, die hintere und vordere Lateralhöhle genannt werden. In der hinteren Nebenhöhle sieht man deutlich die vorspringenden Wülste der Bogengänge. Diese Höhle kommuniziert frei mit der Pauke. Die vordere Nebenhöhle ist durch ein dünnes Dach von der Pauke getrennt, in ihm findet sich eine Öffnung, die durch den darinliegenden Hammerkopf ausgefüllt ist. Der Ansatz der gesamten Ohrkapsel an die Schädelkapsel ist durch eine vorspringende Knochenleiste, die die Fortsetzung des Processus zygomaticus darstellt, bedeckt. Hammer und Amboss sind zu einem Gebilde verwachsen, zwischen den Steigbügel-Schenkeln verläuft ein dünnes Knochen-Stäbchen.

Histologisch wird die knöcherne Wand durch festen kompakten Knochen dargestellt. In der Umgebung des Labyrinthes sind analog wie beim Menschen die Interglobularräume mehr oder wenig stark ausgebildet. Dem Knochen direkt an liegt die sehr dünne Schleimhaut, die aus einer dünnen Bindegewebsschichte und Epithel besteht. Letzteres ist niedrig, nur in der Gegend der Tubenmündung höher. Das Trommelfell ist sehr dünn. An der Tubenmündung springt der Knorpel hakenförmig in die Paukenhöhle vor. Die Knorpelzellen enthalten eigenartige mit Osmium sich schwärzende Granula ziemlich gleichmäfsig in ihrem Protoplasma eingelagert. Das Epithel der Tube ist hohes Zylinderepithel. Die Schnecke ist ebenfalls mit dünner Schleimhaut überzogen. Das Cortische Organ zeigt den bekannten Bau: in der zweiten Windung hat es meist die regelmäfsigste Form, nach der Spitze zu erscheint es wie aufgebläht und bedeckt mit in Osmium-Präparaten sich schwärzenden Kugeln. Die Membrana tectoria lagert meist dem Organ auf, doch kann sie auch frei in den Canalis cochlearis hineinragen. Nerv und Ganglion zeigen den typischen Bau, die Ganglienzellen sind nach Wittmaack von einer Markhülle umgeben. Die Vestibularis-Endorgane, Maculae und Cristae acusticae, sind stets gut erhalten und zeigen den üblichen Bau. Beim Eintritt des Nerven in das Zentralnervensystem sieht man sehr schön die Aufhellungszone, die neuerdings Alexander und Obersteiner beim Menschen genauer untersucht haben und auf ein Vorwiegen von Gliamassen an dieser Stelle deuten.

Die Untersuchungstechnik war, wenn nichts besonderes im Text angegeben, die von Wittmaack ausführlich beschriebene. Als Färbung bediente ich mich hauptsächlich der Eisenhämatoxilin-Van Gieson-Methode.

Bemerkungen über die Operationsmethoden.

Es wurden drei verschiedene Operationsmethoden angewandt: Einmal Anbohrungen der Schneckenspitze, weiter Anbohrungen der Schneckenbasis und endlich totale Zerstörungen der Schnecke und zwar einseitig und doppelseitig

Bei der Anbohrung der Schneckenspitze ging ich nach dem Vorgange von Steins durch die vordere Nebenhöhle ein. Hautschnitt direkt vor der Ohrmuschel etwas seitlich von der Mittellinie des Kopfes beginnend bis unterhalb des äusseren Augenwinkels. Der freigelegte Temporalmuskel wird durchtrennt und mit Haken zurückgehalten. Man sieht nun deutlich die oben beschriebene Crista, die den Ansatz der Ohrkapsel an die Schädelkapsel markiert. Direkt unter derselben wird ein feiner Bohrer eingesetzt und eine Öffnung in die vordere Nebenhöhle gemacht, von dieser dann die obere Wand herausgebrochen, um einen guten Einblick zu bekommen. Man sieht nun am Boden der Nebenhöhle, der bläulich erscheint, die weissliche Keule des Hammerkopfes. Vor Eröffnung der Pauke sorgt man mit Adrenalin-Kokaïn für exakte Blutstillung, da sonst eine genaue Orientierung unmöglich ist. Die weitere Operation macht man am besten bei indirekter Beleuchtung mit dem Reflektor. Mit einer feinen Nadel wird zunächst eine feine Öffnung gemacht und diese dann am besten mit einem Plombierinstrumente erweitert. Der Hammerkopf darf nicht verletzt werden und bleibt in seiner normalen Lage. Man sieht nun in der Tiefe direkt die Spitze der Schnecke, die grauweisslich erscheint, während die übrige Paukenhöhlenwand normal bläulich aussieht. Nun wird eine ausgeglühte Nadel vorsichtig in die Spitze eingestochen und rasch wieder herausgezogen. Ein Austritt von Flüssigkeit ist hierbei nicht zu bemerken. Die Operation ist hiermit zu Ende. Drei Hautnähte schliessen die Öffnung vor dem Ohr, eine weitere Wundversorgung ist nicht notwendig.

Zur Anbohrung der Schneckenbasis tastet man sich die Bulla hinter dem Ohr ab und macht einen bogenförmigen Hautschnitt etwas lateral von der Kuppe derselben. Eine dünne Bindegewebs- und Muskelschicht wird mit der Pinzette stumpf durchtrennt und die bläuliche Bulla freigelegt. Die Wand ist sehr dünn und lässt sich leicht einbrechen. Man darf nicht zu weit nach oben gehen, um nicht den horizontalen Bogengang zu eröffnen und nicht zu weit nach vorn, um den Facialis zu schonen. Nach der Eröffnung sieht man direkt in die Paukenhöhle, eine Zwischenwand wie bei der Operation von vorne

ist nicht zu durchtrennen. Man sieht nun nach vorn und oben die Basalwindung der Schnecke halbkugelig vorspringen. Das runde Fenster oben ist meist gut zu sehen, ebenso der Wulst des horizontalen Bogenganges. Die Anbohrung geschieht mit einer ausgeglühten Nadel und gelingt ohne Schwierigkeit.

Die vollständige Zerstörung der Schnecke suchte ich durch Eingehen mit der Nadel von der vorderen Nebenhöhle her zu erreichen. Es wird alles von der Schnecke, was in das Lumen der Pauke vorspringt, zertrümmert. In einzelnen Fällen wurde noch von hinten die Bulla eröffnet, um nachzusehen, ob die Zerstörung ausgiebig ist. Dass doch meist Reste der Schnecke zurückbleiben, lehrte die mikroskopische Untersuchung.

Ich gehe nun über zur Beschreibung der einzelnen Versuche und mikroskopischen Untersuchungen. Die Hörprüfungen sind in Kurven dargestellt, bei denen in der Abszisse die gehörten Töne der kontinuierlichen Tonreihe, in der Ordinate die Untersuchungstage eingetragen sind. (Vergl. Tafel I.)

I. Zerstörungen der ganzen Schnecke.

Versuch 1. Grosses älteres Tier. Links von der vorderen Nebenhöhle aus Zerstörung der Schnecke. Glatter Verlauf der Operation. Wunde heilt per primam. Tier zeigt im weiteren Verlauf keine Abnormitäten. Zwei Monate später rechte Schnecke zerstört. Im weiteren Verlauf nichts Abnormes nachweisbar. Zweieinhalb Monate nach der ersten Operation Dekapitation. (Kurve 1 R u. 1 L, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts zeigt die erste Schneckenwindung normalen Befund. Das Cortische Organ derselben ist nicht verändert. Bei der zweiten Windung findet sich im Ductus cochlearis eine hyaline Masse. Auf dem Cortischen Organe einzelne rote stechapfelförmige Blutkörperchen. Die Zellen des Organes selbst sind gequollen und schwer von einander zu differenzieren. Weiter nach der Spitze zu ist die Schnecke grösstenteils mechanisch zerstört. Die äussere Form ist dabei ziemlich gut erhalten. Direkt an der Spitze findet sich eine grössere kompakte Knochenmasse und feinfaseriges Bindegewebe. Dazwischen grosse Hohlräume, zum Teil mit hyalinen Gerinnselmassen ausgefüllt. Reste des Cortischen Organes sind in den Gewebsmassen undeutlich zu erkennen. Die Äste des Nervus vestibularis zeigen, soweit er erhalten ist, kolbige Anschwellungen und rosenkranzähnliche Veränderungen. Mittelohr ohne Veränderungen, die Schleimhaut ist normal.

Links sind von der Schnecke nur noch die zwei untersten

Windungen vorhanden, der obere Teil fehlt vollständig. In der Basalwindung hyaline Gerinnselmassen. Das Cortische Organ hochgradig verändert; es wird durch einen flachen Epithelhügel dargestellt. Keine deutliche Membrana tectoria zu erkennen. In der zweiten Windung sind noch weniger Einzelheiten zu differenzieren. Es finden sich einzelne von Bindegewebe umgebene Knochenstückchen.

Das Ende des Schneckenstumpfes wird gebildet durch Bindegewebsmassen mit kleinen Rundzelleninfiltraten und Knochensplittern. In dem Modiolus starke Rundzellen-Ansammlung, durch die der Nerv fast vollständig zerstört ist. Mit sekundärer Osmierung nur Reste von Nervenfasern mit starker Veränderung nachweisbar.

Schleimhaut des Mittelohres hochgradig verdickt. Einzelne durch Bindegewebe und Rundzellen eingeschlossene Knochensplitter der Schleimhaut aufgelagert. In den Hohlräumen des Mittelohres, besonders in den vorderen Abschnitten reichlich Eiterzellen Tube in den Anfangsteilen mit Rundzellen angefüllt. An einzelnen Stellen erscheint ihre Schleimhaut vollständig zerstört, sodass auch der Knorpel zum Teil infiltriert ist. In der Umgebung dieser Stellen Neubildung von gefässreichem Bindegewebe, das den umgebenden Knochen in grosser Ausdehnung zerstört. Es finden sich hier massenhaft Osteoklasten, die in einer vollständigen Reihe den das Mittelohr begrenzenden Knochen lakunär zerstören. Hinter diesen Zerstörungsherden findet anscheinend in dem massenhaften Bindegewebe eine Neubildung von Knochen statt, man sieht hier zahlreiche verzweigte Knochenbälkchen, die mit flachen osteoblasenartigen Zellen besetzt sind.

Versuch 2. Kleines jüngeres Tier. Links Zerstörung der Schnecke. Tier darauf in seinen Bewegungen etc. vollständig normal. $2^1/_2$ Monate später rechts Schnecke zerstört, glatter Verlauf. Reaktionslose Heilung. Nach einem Monat Dekapitation. (Kurve 2 R u. 2 L, Taf. I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Die Schnecke ist, soweit sie frei ins Mittelohrlumen hineinragt, zerstört. Nur die Basalwindung ist gut erhalten. Das Cortische Organ derselben zeigt keine sichere pathologische Veränderung. Weiter nach der Spitze zu ist der Rest der Schnecke ausgefüllt von schleimartigem Bindegewebe, grösseren Knochentrümmern und feinen neugebildeten Knochenbälkchen. Der oberste Teil der Schnecke erscheint durch Knochenspongiosa ersetzt. Von nervösen Bestandteilen ist in diesen Abschnitten nichts mehr nachweisbar. Der Nerv zeigt, soweit er erhalten ist, kolbige Abschwellungen. Die Vestibularisendorgane sind normal.

Links: Es ist hier nur die Spitze der Schnecke zerstört. Die unterste und zum Teil die zweitunterste Windung sind erhalten. Das Cortische Organ derselben erscheint nicht wesentlich verändert. Im Perilymphraum zahlreiche, zum Teil zerfallene Blutkörperchen. Von der Höhe der dritten Windung an ist die Zerstörung vollständig. An die Schneckenspindel setzt sich hier ein feinfaseriges Bindegewebe an, in das Knochensplitter eingelagert sind und das mit der gegenüberliegenden Mittelohrwand in Zusammenhang steht. Vom Cortischen Organe nichts nachweisbar. Am Anfange der dritten Windung ist durch Membrana tectoria und Reissnersche Membran am Orte des Cortischen Organes ein cystenartiges Gebilde entstanden. Die Scala vestibuli ist hier geöffnet und kommuniziert frei mit der Paukenhöhle. Nerv, soweit erhalten, wie in dem letzten Versuche verändert. Vestibularapparat normal.

Mittelohr beiderseits ohne pathologische Veränderung. Schleimhaut nicht verdickt. Anfangsteil der Tube etwas erweitert und mit Blut gefüllt.

Versuch 3: Links Schnecke zerstört. Keine pathologischen Symptome. Glatte Heilung. Exitus an Darmerkrankung nach 3 Wochen. (Kurve 3 R u. 3 L, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Ohr nicht pathologisch verändert. Cortisches Organ zeigt Quellungen und andere als postmortal aufzufassende Veränderungen.

Links: Von der Schnecke ist nur die unterste Windung erhalten. Im Ductus cochlearis eine hyaline Gerinnselmasse. Cortisches Organ zeigt postmortale Veränderungen. Reissnersche Membran eingesunken. Der Schneckenstumpf wird durch feines faseriges Gewebe mit Einlagerung von Knochensplittern nach dem Mittelohr abgegrenzt. Vestibularapparat ohne Veränderung. Im Mittelohr Schleimhaut normal, keine Zeichen von Entzündung.

Versuch 4: Links Zerstörung der Schnecke. Nichts abnormes. Dekapitation nach ca. $1^1/_2$ Monaten (Kurve 4 R u. 4 L, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Keine pathologischen Veränderungen.

Links: Unterste und zweitunterste Windung zum teil noch erhalten. In der Scala tympani hyaline Massen und einzelne rote Blutkörper. Cortisches Organ der erhaltenen Windung nicht deutlich pathologisch verändert. Stumpf der Schnecke durch Bindegewebe und Knochenstückchen abgeschlossen. Ein Strang verbindet denselben mit der

lateralen Mittelohrwand. Mittelohrschleimhaut ohne Entzündung oder sonstige Veränderungen.

Versuch 5. Links Schnecke zerstört, glatter Verlauf. Nach ca. $1\frac{1}{2}$ Monaten an Darmleiden gestorben. (Kurve 5 R u. 5 L, Taf. I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Keine pathologischen Veränderungen. Cortisches Organ postmortal verändert.

Links: Erste Schneckenwindung erhalten. Cortisches Organ derselben ohne sichere pathologische Veränderung. Sonst kein Sinnesepithel nachweisbar. Stumpf der Schnecke bindegewebig mit grösseren Knochen- und Knorpelstückchen. Ein Strang von gleichartigem Gewebe zieht lateralwärts und ist mit dem Rande des Trommelfelles verwachsen. Mittelohrschleimhaut unverändert.

Versuch 6. Rechts: Schnecke zerstört. Heilung per primam. Tier erscheint 1 Monat lang vollständig normal. Von da an macht es einen kranken Eindruck, sitzt zitternd da, frisst nicht etc. Drei Tage später wird das Tier in moribundem Zustande getötet. (Kurve 6 R u. 6 L. Taf. I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Schnecke ist bis auf die Basalwindung mechanisch zerstört. Der Stumpf wird gebildet durch Bindegewebe mit Knochensplittern. Scala tympani der erhaltenen Basalwindung mit eitrig fibrinösem Exsudat angefüllt. In Scala vestibuli nur einzelne Rundzellen. Reissnersche Membran stark nach aussen gebuchtet, sodass der Ductus cochlearis hochgradig ektatisch erscheint. Im Innern des Ductus cochlearis kein Exsudat. Das Cortische Organ der Windung ist stark verändert, die einzelnen Zellformen nicht gut zu unterscheiden. Die Membran des runden Fensters ist in Eiterzellen eingebettet und zum teil zerstört. Auch in dem übrigen Schneckenstumpf sind die Hohlräume mit eitrigem fibrinösem Exsudat erfüllt. Der Nerv lässt sich mit sekundärer Osmierung noch gut färben, doch zeigt er starke kolbige Anschwellungen etc. Sacculus, Utriculus und Bogengänge vollständig frei von Entzündung. Fenestra ovalis intakt.

Die Schleimhaut der Paukenhöhle ist hochgradig verdickt, sodass sie stellenweise das 10—20 fache des normalen Durchmessers hat. Diese Verdickung wird verursacht durch Anhäufung von Rundzellen, seröse und fibrinöse Exsudation. Die Infiltration ist innen mehr diffus, nach aussen mehr knötchen- und streifenförmig. Die Schleimhautveränderung ist am hochgradigsten in der Nähe der Tubenmündung. Über dem Schneckenstumpf ist die Schleimhaut kaum verdickt, nur finden sich hier einzelne cystenförmige Hohlräume, die fast perlartig aneinander gereiht sind. In den Hohlräumen des Mittelohres reichliche

eitrige und fibrinöse Exsudation. Trommelfell innen eitrig belegt, sonst normal. Der Knochen der Umgebung des Mittelohres erscheint, besonders in den tieferen Abschnitten, durch Hinein-Wucherung von Bindegewebszapfen zum teil zerstört und in einzelne Bälkchen aufgelöst. In den starken Bindegewebsmassen, die submukös einzelne Buchten vollständig ausfüllen, finden sich ausserdem feine neugebildete Knochenbälkchen.

Links: Schnecke in ihrer Form normal. Eitriges Exsudat in der Scala tympani der ganzen Schnecke, in der Basalwindung auch in der Scala vestibuli und im Ductus cochlearis. Letzterer ist stark ektatisch. Das Cortische Organ an der Basis zerstört, nahe der Spitze ziemlich gut erhalten. In der Schneckenspindel keine Eiterinfiltration. Membran des runden Fensters dicht eiterig belegt und zum teil zerstört. Nerv noch ziemlich gut erhalten, bei sekundärer Osmierung deutliche Markscheiden-Schwärzung. Vestibularapparat normal, Fenestra ovalis intakt.

Schleimhaut der Pauke in der Nähe der Tubenmündung hochgradig verdickt durch Eiter- und Fibrinexsudation, sodass stellenweise das Bild von richtigen Polypen entsteht. Epithel im ganzen vorderen Abschnitt hoch zylindrisch. In der Tube reichlich Eiter, eitriges fibrinöses Exsudat in den Hohlräumen des Mittelohres. Trommelfell normal. Knochen der Umgebung des Mittelohres nicht verändert.

Beiderseits, besonders rechts, Ductus cochlearis mit Eiter angefüllt. Diese Eitermassen setzen sich nach innen weiter direkt auf die Meningen fort. Es findet sich eine starke eitrige Infiltration der weichen Hirnhäute; zum teil hat die Eiterung auch auf die Hirnsubstanz selbst übergegriffen, sodass hier das Bild der eitrigen Enzephalitis zustande kommt. Am hochgradigsten ist dieser Prozess an der Hirnbasis und auf der linken Seite.

Versuch 7. Rechts Schnecke zerstört, ohne Besonderh. 4 Wochen später links. Tier danach vollständig normal. (Kurve 7 R u. 7 L, Taf. I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Hochgradigste Zerstörung der Schnecke. Nur die unterste Windung derselben ist ihrer Form nach noch zu erkennen. Die Scala tympani ist hier von teils straffem, teils feinfaserigem Bindegewebe ausgefüllt. Anstelle des Cortischen Organes findet sich ein flacher Epithelwulst. Der Rest der übrigen Schnecke wird durch Knochenmassen, die von straffem Bindegewebe umgeben sind, gebildet. Diese Knochenmassen werden zum grössten Teil von den Trümmern der früheren knöchernen Wand gebildet, zum Teil ist es aber offenbar auch zur Neubildung von Knochengewebe gekommen, das nach Art der Spongiosabälkchen angeordnet ist. In

der Basalwindung ist ein Rest des Ganglion spirale und der Nervenfasern su erkennen. Diese sind bei Markscheidenfärbung noch ziemlich gut erhalten, zeigen nur leichte Anschwellungen. Sonst keine nervösen Bestandteile nachweisbar.

In den Hohlräumen des Mittelohres finden sich von Bindegewebe eingeschlossene Knochenstücke. Die Schleimhaut ist verdickt, besonders hochgradig in der Gegend der Tubenmündung und in der Bucht an der Basis der Schnecke. Hier findet sich submukös eine dicke Bindegewebslage, die sich in den umgebenden Knochen stellenweise in Form von einzelnen Strängen eindrängt. Der kompakte Knochen der Ohrkapsel erscheint deshalb hier in einzelne Bälkchen aufgelöst. Zum Teil kommt dieses Bild der Spongiosierung durch Neubildung von Knochenbälkchen in dem Bindegewebe zustande, wie aus der reihenförmigen Anordnung von Osteoblasten zu entnehmen ist. Auf der Oberfläche dieser veränderten Schleimhaut finden sich grössere Mengen von Eiterkörperchen.

Links: Die mechanische Zerstörung der Schnecke ist hier nicht so hochgradig wie rechts. Die anderthalb untersten Windungen sind erhalten, der übrige Teil zerstört und wie rechts durch Knochen und Bindegewebe ersetzt. Das Cortische Organ erscheint in den erhaltenen Windungen nicht wesentlich verändert. Ebenso Nerv und Ganglion spirale gut erhalten. Ersterer zeigt leichte Anschwellungen. Am Ende der zweiten Windung findet sich anstelle des Cortischen Organs ein cystenartiges Gebilde. Der Schneckenstumpf wird nach aussen durch eine Lage von straffem Bindegewebe umgeben.

Die Schleimhaut des Mittelohres erscheint verdickt, enthält stellenweise Hohlräume und Ansammlungen von Rundzellen. Der Knochen darunter ist normal, eine Veränderung, wie rechts, ist hier nicht nachweisbar.

II. Anbohrungen der Schneckenspitze.

Versuch 8. Beiderseits Spitze der Schnecke angestochen. Keine Besonderheiten. Tier danach vollständig normal. Am 11. Tage Dekapitation. (Kurve 8, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Von der Spitze der Schnecke geht eine Bindegewebsmasse lateralwärts und haftet sich am Trommelfelle an. Der Stich hat die Schnecke in der Höhe der zweitobersten Windung verletzt, ist durch die Lamina spiralis anscheinend bis zum Modiolus eingedrungen. Das Cortische Organ ist in beschränkter

Ausdehnung vollständig zerstört. In der Scala tympani findet sich eine feine Bindegewebsmasse mit einem Knochenstückchen. Die Decke der darunterliegenden Windung ist ebenfalls zerstört und wird durch die Bindegewebsmasse ersetzt. Das Cortische Organ ist in den übrigen Windungen gut erhalten. In der Basalwindung ist es nicht sehr gut konserviert. Zeichen von Entzündungen und grössere Blutergüsse sind nicht vorhanden. Nerv zeigt einzelne kolbige Anschwellungen, sonst keine Besonderheiten. Vestibularapparat intakt. Mittelohr ohne Besonderheiten.

Links: Der Befund ist hier derselbe wie rechts, auch hier Cortisches Organ in beschränkter Ausdehnung an der Spitze zerstört, sonst gut erhalten.

Versuch 9. Beiderseits Spitze der Schnecke angebohrt, ohne Besonderheiten. 14 Tage später Dekapitation. (Kurve 9, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Oberste Schneckenwindung vollständig zerstört. Die Kuppe der Schnecke wird von gefässreichem Bindegewebe gebildet. Laterale knöcherne Wand eingedrückt und medial verschoben. Direkt unterhalb der zerstörten Stelle erscheint das Cortische Organ sehr schön erhalten. Überhaupt ist die übrige Schnecke vollständig normal. Mittelohr ohne pathologischen Befund.

Links: Oberste Windung gleichfalls zerstört. Ein grösseres Knochenbruchstück befindet sich im Innern der Schnecke; im übrigen Spitze durch feinfaseriges Bindegewebe gebildet. In den Lücken desselben grössere Blutansammlung. Rote Blutkörper in gut erhaltenem Zustand in geringer Anzahl in der Scala tympani der ganzen Schnecke. Das Cortische Organ der beiden obersten Windungen ist vollständig zerstört. In der nächst untersten erscheint es niedriger als normal, einzelne Zellformen sind schwer zu erkennen; die Membrana tectoria ist demselben fest aufgelagert. Weiter nach der Basis zu wird die Struktur besser und in der untersten Windung ist eine sichere pathologische Veränderung nicht nachweisbar. Der Nerv zeigt Anschwellungen. Mittelohr normal.

Versuch 10. Beiderseits Anbohrung der Schneckenspitze, keine Abnormitäten. Nach 7 Wochen Tod an Peritonitis post partum. (Kurve 10, Taf. I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Durch den Stich ist die oberste Windung zerstört. Die Knochentrümmer mit gut erhaltenen Körperchen sind von teils straffem, teils mehr feinfaserigem Bindegewebe umgeben. Weiter basalwärts zeigt die Schnecke keine sicheren pathologischen Veränderungen. Das Cortische Organ ist verquollen und mit

hyalinen Kugeln bedeckt. Veränderungen, die wohl sicher als postmortale aufzufassen sind. Nerv ohne Befund. Mittelohrschleimhaut normal.

Links: Die Zerstörung der Schneckenspitze ist hier ausgedehnter und reicht von der medialen Seite bis zur zweiten Windung. Sonst Befund wie rechts.

Versuch 11. Beiderseits Spitze der Schnecke durchbohrt. Nach Operation kein Ohrmuschelreflex mehr auslösbar. Nach 2 Monaten Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Rechts: Starke Zerstörung der Schneckenspitze. In den Hohlräumen der Schnecke reichliche Rundzellen und stellenweise starke Bindegewebswucherungen. Diese ist am ausgedehntesten in der Basalwindung. Hier ist der Ductus cochlearis ektatisch, die Scala vestibuli vollständig ausgefüllt von straffem Bindegewebe. Das Cortische Organ ist in allen Windungen nur schlecht erhalten. Nach aussen ist die Schnecke bedeckt durch zum teil sehr dicke Bindegewebsmassen und reichliche Rundzellenansammlung. Diese füllt zum grossen Teil die Hohlräume des Mittelohres aus. Die Schleimhaut erscheint verdickt, das Epithel in hohes Zylinderepithel umgewandelt, das stellenweise wie gefaltet erscheint. Hierdurch entsteht ein Bild wie von einzelnen Papillen. Der Knochen der Umgebung zeigt normale kompakte Beschaffenheit.

Links: Die mechanische Zerstörung der Schneckenspitze ist sehr gering: nur die oberste Windung ist verletzt. Hier findet sich eine Bindegewebsmasse, vom Cortischen Organ ist nichts nachweisbar. In den darunterliegenden Windungen ist das Organ vorhanden, aber mehr oder weniger stark verändert. In der Basalwindung erscheint es wie ein flacher Hügel, von unregelmäfsigen Zellen gebildet. Entzündliche Veränderungen sind hier nicht vorhanden. Das Mittelohr zeigt normale Verhältnisse.

Versuch 12. Beiderseits Anbohrung der Schneckenspitze. Ohne Besonderheiten. Nach 3 Tagen Dekapitation. (Kurve 12 R u. 12 L. Taf. I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Der Stich hat nur die oberste Windung verletzt und das Cortische Organ hier medial zerstört. Es findet sich eine grössere Blutansammlung in der Schneckenspitze, keinerlei Entzündungserscheinungen. Die übrige Schnecke erscheint normal. Das Cortische Organ nicht deutlich pathologisch verändert, auch das der obersten Windung lateral gut erhalten (die Konservierung ist nicht vollständig ideal, deshalb sind feinere Veränderungen nicht zu erkennen). Nerv ohne Besonderheiten. Mittelohrschleimhaut normal.

Links: Die Zerstörung durch den Stich ist nur sehr geringgradig. Die Nadel ist nur in die Scala vestibuli eingedrungen, ohne den Ductus cochlearis zu eröffnen. In den Scalae rötliche hyaline Massen. Sonst Befund wie rechts.

Versuch 13. Beiderseits Anbohrung der Schneckenspitze. Nach 4 Tagen Dekapitation. (Kurve 13, Tafel I).

Mikroskopischer Befund: Rechts: Durch den Einstich ist nur an sehr schmaler Stelle die knöcherne Wand in der Höhe der obersten Windung durchbrochen. Canalis cochlearis nicht verletzt. In der Scala tympani, besonders in der Basalwindung, reichlich rote Blutkörperchen. Sonst keine Abnormitäten. Cortisches Organ überall gut erhalten.

Links: Die Zerstörung der Schneckenspitze ist hier bedeutender. Die Nadel ist bis zur Spindel eingedrungen und hat die oberste Windung total, die zweitoberste medial zerstört. Knochentrümmer mit grösseren Blutextravasaten finden sich an ihrer Stelle. Der Anfang der zweitobersten Windung ist erhalten, es findet sich eine Lage von roten Blutkörperchen in der Scala vestibuli, besonders auf der Reissnerschen Membran. Diese ist etwas eingedrückt, der Canalis cochlearis hierdurch verengt. Im weiteren Bereiche der Schnecke ist eine freie Reissnersche Membran nicht zu sehen. Dieselbe ist offenbar eingerissen und liegt mit der Membrana tectoria dem Cortischen Organe fest auf. Das letztere ist bedeutend niedriger als normal, die typischen Zellen sind nicht zu erkennen, es wird durch einen Hügel gleichartig aussehender, unregelmäfsiger Zellen gebildet. Die Wände des Hohlraumes, der aus Canalis cochlearis plus Scala tympani besteht, sind mit mehreren Lagen von roten Blutkörperchen bedeckt. Nerv ohne Besonderheiten. Im Mittelohr viel Blut, sonst keine Abnormität.

Versuch 14. Rechte Spitze der Schnecke angebohrt. 5 Wochen lang keine Abnormitäten nachweisbar. Von da an macht das Tier kranken Eindruck und magert ab. Kopfhaltung dabei stets normal. 14 Tage später Dekapitation. (Kurve 14 R u. L, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Der Stich hat die Schnecke in der Höhe der obersten Windung verletzt. Die Öffnung ist durch straffes Bindegewebe verschlossen, das die ganze Kuppe der Schnecke ausfüllt. Nur in der Basalwindung ist die Scala tympani von feinfaserigem Bindegewebe ausgefüllt. Der Canalis cochlearis ist hier stark ektatisch, prall mit Eiterzellen gefüllt. Das Cortische Organ wird in der Basalwindung durch einen flachen Hügel unregelmäfsiger Zellen

gebildet. In den übrigen Windungen ist es gar nicht mehr nachweisbar. Ganglion spirale nur stellenweise erhalten. Vom Nerven nur noch in der Basalwindung ziemlich gut erhaltene Fasern, im übrigen nur krümlige und schollige Markscheidenreste vorhanden. Die Fenestra rotunda ist durch Bindegewebsmassen verschlossen, die sich nach aussen fortsetzen. In denselben ist die Membran des Fensters nur undeutlich zu erkennen.

In den sämtlichen Räumen des Mittelohres reichliche Eitermassen, besonders auch in der Tube, die im Anfangsteil erweitert erscheint. Die Schleimhaut ist stark verdickt, unter dem Epithel, das in grosser Ausdehnung zylindrischen Charakter hat, reichlich Rundzelleninfiltration. Der Knochen in der ganzen Umgebung des Mittelohres zeigt eine hochgradige Veränderung. Unter der Schleimhaut folgt eine Bindegewebsmasse, die sich in verzweigten Fortsetzungen weit in den Knochen hinein erstreckt, sodass derselbe spongiosiert erscheint. Besonders stark ist dieser Prozess in der Umgebung der Tubenmündung. Hier finden sich auch circumscripte Spongiosaherde in grösserer Entfernung von der Oberfläche, doch mit derselben durch eine Bindegewebsmasse in Verbindung stehend. Diese Auflösung des kompakten Knochens in feine Bälkchen findet sich auch in geringerem Maße an der dem Gehirn angrenzenden Innenfläche des Schädels, offenbar von Bindegewebssträngen in der Umgebung von grösseren Gefässen und besonders in der Umgebung des Facialis ihren Ursprung nehmend. Die knöcherne Wand der Schnecke zeigt diese Veränderungen nicht, nur finden sich an der Basis leichte lakunäre Erosionen. Umgebung der Fenestra ovalis zeigt normale Knochen.

Links: Die Schnecke zeigt hier normalen Befund. Das Cortische Organ, die Ganglien und der Nerv sind gut erhalten. Im Mittelohr findet sich derselbe Prozess wie links: die eitrige Entzündung mit Spongiosierung des umgebenden Knochens.

Versuch 15. Rechts Anbohrung der Schneckenspitze. Tier verhält sich zirka $1^1/_2$ Monate lang normal, von da ab magert es ab und macht kranken Eindruck. Dekapitation nach 2 Monaten. (Kurve 15, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Knöcherne Wand der Spitze eingebrochen. Hohlräume der Schnecke bis auf die der Basalwindung mit Rundzellen ausgefüllt. Die einzelnen Bestandteile sind in diesen Eitermassen nur undeutlich zu erkennen. Kein Cortisches Organ nachweisbar. An der Basis füllt eine starke Bindegewebswucherung die Scalae aus. In der Scala tympani hat dasselbe feinfaserigen Charakter. An circumscripter Stelle lateral ist es etwas dichter und hier findet sich

eine kleine Knorpelinsel in demselben. Canalis cochlearis hier ektatisch und mit Eiter erfüllt. Cortisches Organ nur schlecht erhalten. Scala vestibuli mit straffem Bindegewebe ausgefüllt, Nerv nur in der Basalwindung mit sekundärer Osmierung nachweisbar, zum teil zerfallen und stark kolbig verändert.

Mittelohrschleimhaut stark verdickt, geht stellenweise in dicke Bindegewebsmassen über, die die Hohlräume des Mittelohres zum teil ausfüllen. Im übrigen reichlich Eiterzellen. In den dichten Bindegewebsmassen ist das Trommelfell aufgegangen, sodass es nur schwer zu erkennen ist. Auch lateral von ihm bis weit in den Gehörgang erstrecken sich reichliche Bindegewebswucherungen. Der umgebende Knochen ist stellenweise, besonders in der Tubenmündung, angefressen und zum teil zerstört. Grössere Bindegewebsmassen erstrecken sich in ihn besonders entlang der Gefässe. Nur undeutliche Ausbildung von Spongiosabälkchen.

Links: Labyrinth normal.

III. Anbohrungen der Schneckenbasis.

Versuch 16. Beiderseits Anbohrung der Schneckenbasis. Keine Besonderheiten. Nach ca. 1 Monat Dekapitation. (Kurve 16, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Über der Fenestra rotunda ist die knöcherne Wand der Schnecke an circumscripter Stelle zerstört. Die Wunde ist bindegewebig verschlossen, innen sind ihr von Bindegewebe umgebene Knochensplitter angelagert. Die Schneckenspindel und die Lamina spiralis sind durch den Einstich nicht getroffen. In den Scalae finden sich Gerinnselmassen. Der Canalis cochlearis ist in der Basalwindung etwas ektatisch, weiter nach der Spitze zu ist sein Lumen von normaler Weite. Das Cortische Organ zeigt geringgradige Veränderung. Der Nerv ist normal.

Im Mittelohr finden sich im Tubenwinkel und in den tieferen Abschnitten Eiterzellen; besonders auch in der Gegend des ovalen Fensters, sodass der Stapes eitrig belegt ist. Innen im Vestibulum ist keine Entzündung nachweisbar. Vestibularapparat normal. Knochen der Umgebung des Mittelohres nicht verändert.

Links: Die Schnecke erscheint bei schwacher Vergrösserung als kompaktes Gebilde ohne Hohlräume. Bei stärkerer Vergrösserung sieht man, dass sie vollständig mit Eiterzellen ausgefüllt ist: man kann eine Struktur nicht mehr erkennen. An der Basis, und in geringem Maße auch an anderen Stellen, ist es zur Entwickelung von Bindegewebe

gekommen. Dasselbe ist straff und füllt auch die deutlich zu erkennende Anbohrungsstelle vollständig aus. Die Membran des runden Fensters ist gut erhalten und geht direkt in die Bindegewebsmassen über. Von nervösen Bestandteilen sind einzelne Nervenfasern und Gruppen von Ganglionzellen noch zu erkennen: vom Cortischen Organ ist nichts nachweisbar. An der Spitze ist es anscheinend zu einem Durchbruch nach aussen gekommen. Die Bindegewebsmassen setzen sich hier aus dem Innern der Schnecke durch eine Öffnung pilzförmig nach aussen fort. Die Knochenzerstörung ist mit Hilfe von Osteoklasten zustande gekommen, die in reichlicher Menge in Lakunen eingelagert sind.

Die Schleimhaut des Mittelohres zeigt hochgradige Verdickung. Das Epithel hat den Charakter von hohem Zylinderepithel, darunter folgt eine dicke Bindegewebsmasse mit reichlichem, zum teil strotzend gefüllten, Blutgefässen. In diesen Bindegewebsmassen finden sich feine Bälkchen von osteoidem Gewebe, die reichlich verzweigt sind. An der Grenze nach den normalen Knochen gehen diese Bälkchen in knöcherne Spongiosabälkchen über, die oft noch mit einem schmalen osteoiden Saum bedeckt sind. Streckenweise sind die Bälkchen mit Osteoblasten besetzt. An anderen Stellen findet ein deutlicher Abbau von Knochen statt, hier ist es zur Bindegewebswucherung im umgebenden Knochen gekommen und zahlreiche riesenzellenartige Osteoklasten liegen in scharf begrenzten und ausgezackten Lakunen. Eigentümlicherweise findet sich dieser Prozess auch innen im Schädel, es ist hier die Hirnhaut durch eine breite Bindegewebsmasse, die stellenweise feine Fortsätze in den Knochen hinein sendet, von letzterem getrennt. Die Umgebung der Fenestra ovalis zeigt normale Knochenbeschaffenheit.

Versuch 17. Beiderseits Anbohrung der Schneckenbasis. Ohne Bes. Tier normal. Nach 4 Wochen Dekapitation. (Kurve 17, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Die Perforationsöffnung an der Basis ist knöchern geschlossen. Innen findet sich an der Stelle feinfaseriges Bindegewebe mit Knochenstückchen. Der Canalis cochlearis ist nicht verletzt. In der Scala tympani rote Blutkörperchen besonders an der Basis. Sonst zeigt die Schnecke normalen Befund. Das Cortische Organ ist überall gut erhalten. Mittelohr ohne Veränderung.

Links: Befund wie rechts.

Versuch 18. Beiderseits Schneckenbasis angebohrt. Nach 4 Tagen Dekapitation. (Kurve 18, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Die Einstichöffnung ist noch frei offen, innen an der Stelle feine Gerinnselmassen. In der

ganzen Schnecke, in beiden Scalae rote Blutkörperchen, besonders auch auf der Reissnerschen Membran abgelagert. In der zweiten Windung erscheint diese eingesunken, der Canalis cochlearis dadurch verengt. Cortisches Organ überall gut erhalten. Nerv normal. In den Mittelohrräumen grössere Blutkoagula. Keine Zeichen von Entzündung.

Links: Verletzung der Basis hier sehr gering. Cortisches Organ überall normal. Im Mittelohr mäfsige Mengen von Blut, sonst keine Veränderungen.

Versuch 19. Beiderseits Anbohrung der Schneckenbasis, 4 Tage später Dekapitation. (Kurve 19, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Geringe Knochenzerstörung an der Schneckenbasis. In der Scala tympani der Basalwindung feinfaseriges Gerinnsel, sonst keine pathologische Veränderung. Im Mittelohr reichliche Gerinnselmassen, die die Schnecke zum teil einschliessen und auf dem Trommelfell lagern. Die Schleimhaut ist zum teil verdickt und enthält grosse mit gleichförmigen Gerinnungsmassen ausgefüllte Hohlräume.

Links: Befund wie rechts.

Versuch 20. Beiderseits Anbohrung der Schneckenbasis. Preyerscher Reflex bleibt unverändert. Nach 2 Monaten Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Rechts: Kleine Knochenöffnung an der Basis bindegewebig verschlossen; in der Basalwindung einzelne freie Knochensplitterchen. Cortisches Organ und Nerv unverändert. Mittelohr normal.

Versuch 21. Links Anbohrung der Schneckenbasis. Rechts scheint nach Eröffnung der Bulla ein zystenartiges Gebilde anstelle der Basalwindung zu sein. Das Tier wird deshalb zur mikroskopischen Untersuchung sofort getötet.

Mikroskopischer Befund: Rechts: Unterste Windung etwas stärker vorspringend als normal, sonst keine Abnormitäten.

Links: Die freie Einstichöffnung schön zu sehen. Knochensplitterchen und Blut im Innern. Einzelne Blutkörperchen in den Scalae bis zur obersten Windung. Sonst Schnecke normal.

Versuch 22. Beiderseits Anbohrung der Schneckenbasis. Ohne Besonderheiten. Nach 11 Tagen Dekapitation. (Kurve 22, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Einstichöffnung bindegewebig verschlossen. Im Inneren netzartiges Gewebe. Blutansammlung in der Scala tympani. Sonst Schnecke normal.

Links: Befund wie rechts.

Versuch 23. Beiderseits Anbohrung der Schneckenbasis. Nach 4 Wochen Dekapitation. Nach Operation kein Reflex mehr.

Mikroskopischer Befund: Rechts: Wunde bindegewebig verschlossen. In der Scala tympani der gesamten Schnecke bis zur Spitze einzelne Eiterzellen. In der Basalwindung feinfaseriges Bindegewebe und kleine Knochenstückchen, sonst keine stärkeren Veränderungen nachweisbar. Das Cortische Organ erscheint verquollen, die Zellformen undeutlich. In den Hohlräumen des Mittelohres freie Eiterzellen. Schleimhaut stark verdickt, stellenweise fast blasenförmig durch serös-fibrinöses Exsudat, auch stärkere Rundzellenanhäufung. Der Knochen der Umgebung ist normal.

Links: Schnecke wie rechts. Schleimhaut des Mittelohres sehr stark verdickt, besonders in der Nähe der Tubenmündung. Die Verdickung wird durch Rundzellen-Infiltration und besonders durch Neubildung von Bindegewebe hervorgerufen. Der darunter liegende Knochen ist stellenweise durch Osteoklasten in typischer Weise angefressen. Diese Knochenresorption setzt sich entlang der Tube und dem Tensor tympani weit nach aussen fort. Sonst ist der Prozess nirgends tiefer in den Knochen eingedrungen.

Versuch 24. Beiderseits Anbohrung der Schneckenbasis. Tier nach 10 Tagen gestorben an Peritonitis post partum. (Kurve 24, Tafel I.)

Mikroskopischer Befund: Rechts: Knochenwunde der Basis bindegewebig verschlossen. Keine Zeichen von Entzündung. Cortisches Organ nicht verletzt. Schnecke im übrigen normal. Schleimhaut des Mittelohres, besonders in der Nähe der Tubenmündung, verdickt. Epithel zylinderförmig. Das verdickte submuköse Bindegewebe setzt sich in Form von Fortsätzen in den darunter liegenden Knochen fort, denselben in einzelne Bälkchen auflösend. In den Mittelohrräumen reichlich Eiter, ebenso in der Tube.

Links: Befund wie rechts.

IV. Spontane Entzündungen.

Meerschwein 25. Das Tier zittert leicht mit dem Kopf, sitzt zusammengekauert da, macht überhaupt kranken Eindruck. Abnormität der Kopfhaltung nicht vorhanden, keine Reaktion auf Töne oder Geräusche.

Mikroskopischer Befund: Rechts: Die Schnecke ist vollständig von Eiter und Bindegewebe angefüllt, die knöcherne Struktur dabei erhalten. Fenestra rotunda fest von Bindegewebe umschlossen.

Vom Cortischen Organ nichts nachweisbar. Einzelne Ganglionzellengruppen noch vorhanden. Mit sekundärer Osmierung lassen sich noch zahlreiche Reste von markhaltigen Nervenfasern nachweisen. An der Basis sind dieselben ziemlich gut erhalten, nach der Spitze zu besteht starker Zerfall. Nach aussen ist die Schnecke umgeben von Bindegewebs- und Eitermassen. Die knöcherne Wand ist durch diese Massen an verschiedenen Stellen durchbrochen, besonders an der Spitze besteht ein breiter Durchbruch. An anderen Stellen ist deutlich nachweisbar, dass die Zerstörung des Knochens von aussen ihren Ursprung genommen hat. Der Knochen ist hier wie angefressen und durch Einwucherung von aussen bis auf eine schmale Spange innen zerstört. — Die Schleimhaut des Mittelohres ist besonders in der Bucht an der Schneckenbasis und an der Tubenmündung stark verdickt, mit einem Zylinder- und Becherzellensaum besetzt. Der darunter liegende Knochen ist an vereinzelten Stellen in feine Spongiosabälkchen aufgelöst. — In der Paukenhöhle reichlich Eiter und Bindegewebsmassen, besonders auch an der Innenfläche des Trommelfells. Letzteres ist intakt. Tube im Anfangsteil erweitert und mit Eiter gefüllt.

Links: Schnecke wie rechts vollkommen vereitert, ebenfalls knöcherne Wand stellenweise zerstört. Mittelohr wie rechts, die Spongiosierung ist hier noch etwas ausgedehnter.

Der Ductus cochlearis erscheint beiderseits von Eiterzellen erfüllt. Der Eiter setzt sich nach innen auf die Meningen fort. Dieselben sind stark eitrig infiltriert, stellenweise geht die Eiterung entlang den Gefässen in die Hirnsubstanz selbst über.

Meerschwein 26. Tier macht normalen Eindruck. Hört nur Galtonpfeife, keine Harmonika.

Mikroskopischer Befund: Rechts: Paukenhöhle mit Eiter vollständig gefüllt, ebenso die Tube. Schleimhaut verdickt, mit hohen Zylinderzellen besetzt, stellenweise zystische Hohlräume. Im Schneckenwinkel leichte Zerstörung des Knochens durch Einwucherung von Bindegewebe. Trommelfell intakt. Die die Schnecke überziehende Schleimhaut ist in gleicher Weise verändert. Die Schnecke selbst nicht pathologisch verändert. Cortisches Organ überall normal.

Links: Schleimhaut der Pauke stellenweise etwas verdickt. Sonst keine Veränderungen, Labyrinth normal.

Meerschwein 27. Tier reagiert auf keinerlei Töne oder Geräusche. Sonst keine Abnormitäten.

Mikroskopischer Befund: Rechts: Paukenhöhle mit Eiter gefüllt. Schleimhaut verdickt, einzelne kleine Zapfen in den umgeben-

den Knochen hineinsendend. Schnecke in Eiter und Bindegewebsmassen eingelagert. Die Scala tympani der Basalwindung ist lateral vollständig von einer Knochenmasse ausgefüllt, sodass die Lamina spiralis durch diesen Knochen fest mit der Membran des runden Fensters verbunden ist. Der Knochen zeigt kompakten Charakter, lässt keine einzelnen Bälkchen erkennen. Medial schliesst sich ihm feines netzförmiges gefässreiches Bindegewebe an, das den übrigen Teil der Scala fast vollständig ausfüllt. Auch nach aussen finden sich an der Schnecke an verschiedenen Stellen osteophytenartige Knochenwucherungen, die in das umgebende Bindegewebe hineinragen. Die stark verdickte Schleimhaut erscheint hier stark gewulstet und es kommt hierdurch zur Bildung von drüsenartigen Hohlräumen. An der Spitze der Schnecke findet sich auch im Innern eine kleine kompakte Knochenmasse. Die Schnecke zeigt sonst nur geringe Veränderung. Das Cortische Organ ist etwas verquollen. Der Nerv zeigt typische rosenkranzähnliche Anschwellungen. — Die Gegend des ovalen Fensters ist ohne wesentliche Veränderung. Stapes aussen mit Eiterzellen belegt.

Links: Die Schnecke ist durch Neubildung von Knochengewebe an der Peripherie besonders an der Basis höckerig verdickt. Im lateralen Abschnitte der Scala tympani feinfaseriges Bindegewebe mit feinen Knorpelbälkchen. Die Struktur der inneren Schnecke unverändert. Cortisches Organ wie rechts. Die Mittelohrschleimhaut gibt denselben Befund wie auf der anderen Seite. Von der Spitze der Schnecke zieht eine Bindegewebsmasse nach dem Trommelfell.

Bei der zusammenfassenden Betrachtung der Resultate der vorliegenden Versuche mit mechanischer Zerstörung der Schnecke des Meerschweinchens will ich zunächst auf die anatomischen Veränderungen eingehen und dann die durch sie verursachten Veränderungen des physiologischen Reflexes der Ohrmuschel betrachten.

Bei der anatomischen Untersuchung finden wir zwei verschiedene Typen, einmal Gehörorgane, bei denen es zu einer hochgradigen Entzündung und Eiterung gekommen ist, und dann solche, bei denen die Entzündungserscheinungen fehlen und wir nur die Folgeerscheinungen der mechanischen Einwirkung nachweisen können. Ein Unterschied der Operationsmethode kann die Ursache zu dieser Verschiedenheit nicht abgegeben haben. Es wurde stets auf dieselbe Weise verfahren und die Operation mit der den Umständen nach möglichen Asepsis resp. Antisepsis ausgeführt. In mehreren Fällen mit Entzündung ist dieselbe

offenbar ganz unabhängig von dem operativen Eingriff aufgetreten, es handelt sich vielmehr um eine spontane Eiterung, die wohl durch Infektion von der Tube her entstanden ist. Für die Unabhängigkeit der Eiterung von der Operation spricht einmal der anatomische Befund, dann auch das physiologische Verhalten. Es zeigt sich nämlich, dass auch bei einseitiger Operation der Entzündungsprozess doppelseitig besteht (bei Versuch 6 und 14); ferner treten die Störungen des Preyerschen Reflexes in manchen Fällen so spät auf, dass hieraus zu schliessen ist, dass die Entzündungen erst sehr lange nach der Operation sich einstellten. Demnach erscheint ein Zusammenhang mit derselben sehr unwahrscheinlich. — Die drei Gehörorgane, die bei der Voruntersuchung über den Preyerschen Reflex mikroskopisch untersucht wurden und die ebenfalls spontane Eiterung zeigten, sollen ebenfalls hier mit besprochen werden. Es liegen also den folgenden Betrachtungen im ganzen die Gehörorgane von 12 Tieren zu Grunde.

Die pathologische Anatomie der Otitis des Meerschweinchens

ist bis jetzt noch nicht in ausgedehntem Maße untersucht worden; es erscheint deshalb gerechtfertigt, wenn ich hier zusammenfassend genauer darauf eingehe.

An der Mittelohrschleimhaut finden wir meist eine mehr oder minder starke Verdickung. Sie kann durch verschiedene Prozesse bedingt werden. Am häufigsten durch hochgradige seröse Durchtränkung; in diesem Falle kommt es zu spaltförmigen oder mehr rundlichen zystischen Hohlräumen im Innern der Schleimhaut. Weiter findet sich eine Granulationsbildung im Gewebe der Schleimhaut und endlich auch eine mehr bindegewebige Verdickung. Diese Bindegewebswucherung ist wohl als das Ausgangsprodukt der Entzündung, als eine Art Heilvorgang zu betrachten; dabei ist auffallend, dass sie in einzelnen Fällen schon sehr früh auftritt, während es in anderen trotz der länger bestehenden Entzündung nicht zu dieser Art Gewebsneubildung gekommen ist. — Die Schleimhautveränderung ist entweder diffus und gleichmäßig ausgebreitet oder mehr zirkumskript. Bei letzter Form kommt es zu Wulstungen und Polypenbildungen; ferner bei stärkerer Schwellung der Schleimhaut zu drüsenartigen Hohlraumbildungen. — Das Epithel der Schleimhaut ist meist erhalten und in grosser Ausdehnung in hohes Zylinderzellenepithel umgewandelt. Diese veränderte Schleimhaut findet sich meist nicht im ganzen Mittelohr, nur in seltenen Fällen erscheint

auch die die Schnecke überziehende Schleimhaut in genannter Weise verändert. Meist ist dies nicht der Fall, die Schleimhaut an dieser Stelle erscheint vielmehr nur leicht verdickt, oft enthält sie kleine Zystchen, die einmal wie Drusen aneinander gereiht sind. Am stärksten ist die Schleimhautveränderung gewöhnlich an zwei Stellen, einmal vorn in dem Winkel, in dem die Tube entspringt und dann hinten in der Nische, die hinter der vorspringenden Basalwindung der Schnecke gebildet wird.

In den Hohlräumen des Mittelohres finden sich meist ausgedehnte freie Exsudate, meist rein eitriger Natur, in einzelnen Fällen mehr fibrinös. In vorgeschrittenen Stadien ist es oft zu ausgedehnten Bindegewebsneubildungen gekommen, sodass beträchtliche Teile des Mittelohres durch diese Massen obliteriert sind. Besonders ist dies in der Umgebung des Ossikula der Fall: auch zur strangartigen Verbindung der medialen Paukenhöhlenwand mit der lateralen Wand resp. der Membrana tympani kann es kommen.

Das Trommelfell zeigt meist keine hochgradigen Veränderungen. Das innere Epithel kann in hohes Zylinderzellenepithel umgewandelt sein. Die Masse der Membran ist oft durch Bindegewebsauflagerung verdickt. Eine Zerstörung des Trommelfelles ist nur in einem Falle (Versuch 15) nachweisbar. Hier findet sich das Trommelfell auch nach aussen von Bindegewebsmassen umgeben. In allen anderen Fällen ist der Prozess durch das Trommelfell nach lateral abgeschlossen. Im Gehörgange finden sich nie entzündliche Produkte, nur Cerumen und abgestossene Epidermismassen. Diese Widerstandsfähigkeit der dünnen Membrana tympani, auch in Fällen, in denen der Prozess stärkere Zerstörungen des inneren Ohres hervorgebracht hat, ist sehr bemerkenswert.

Höchst auffallend sind die Veränderungen des Knochens der Umgebung des Mittelohres. (Vergl. Taf. II.) Wir finden hier in der grössten Anzahl der Fälle einen Prozess, den wir als Spongiosierung bezeichnen müssen. Die einzelnen Präparate zeigen die verschiedenen Grade und Ausdehnung dieses Prozesses. Offenbar kommt hierbei einmal eine Knochenzerstörung, und dann wieder eine Knochenbildung zustande. Wir sehen so einerseits deutliche in Lakunen liegende grosse Osteoklasten und andererseits schöne reihenförmig angeordnete Osteoblasten. In den Anfangsstadien sendet nur die verdickte Schleimhaut einzelne Bindegewebsfortsätze in den darunter liegenden Knochen, oder der Prozess beginnt auch so, dass von der Knochenoberfläche feine Bälkchen in die verdickte Bindegewebsmasse der Schleimhaut sich erheben. In einzelnen

Präparaten zeigen die Bälkchen zum Teil osteoide Beschaffenheit, und ihr Übergang in echtes Knochengewebe ist deutlich zu verfolgen. Der Prozess kann sich in vorgeschrittenen Fällen weit in den Knochen hinein erstrecken. Er folgt hierbei meist den Gefässen. Eine diskontinuierliche Entwicklung von Spongiosaherden im Innern des kompakten Knochens ist jedoch nie vorhanden. Stets besteht ein Zusammenhang mit der Oberfläche durch Bindegewebsmassen oder Streifen. In einigen Fällen ist der Spongiosierungsprozess sehr weit vorgedrungen. Hier ist selbst der an die Schädelhöhle angrenzende kompakte Knochen spongiosiert. Nur selten ist die Knochenveränderung ringsum gleichmäfsig, meist finden sich einzelne stärker ergriffene cirkumskripte Partien, so besonders im Tubenwinkel und in der Nische an der Schneckenbasis. In der knöchernen Wand der Schnecke und besonders an der Fenestra ovalis ist eine deutliche Spongiosierung in den vorliegenden Präparaten nicht nachweisbar; doch kann es an ersterer auch zum Abbau des Knochens und dann wieder zur Neubildung von Knochengewebe in Form von Osteophyten kommen. — Es ist auffallend, dass ausgedehnte Entzündung und Schleimhautveränderung ohne Spongiosierung bestehen kann, während wir in anderen Fällen bei geringgradiger Veränderung der Schleimhaut schon die Anfänge der Knochenveränderung finden. Die Zeit spielt hierbei keine grosse Rolle, denn schon nach einer 10 Tage lang bestehenden Entzündung kann eine ziemlich ausgedehnte Spongiosierung vorhanden sein.

Die hier nachgewiesenen Knochenveränderungen sind auch für die menschliche Pathologie von Bedeutung: der gefundene Prozess der Spongiosierung spielt bekanntlich in der pathologischen Anatomie der Otosklerose eine grosse Rolle. Sie unterscheiden sich jedoch hauptsächlich dadurch, dass stets die Gegend der Fenestra ovalis intakt bleibt, während bei der Otosklerose gerade diese Gegend hauptsächlich ergriffen ist. Man wird ja stets nur mit grösster Vorsicht aus derartigen Untersuchungen vergleichende Schlüsse für die menschliche Pathologie ziehen dürfen, da ja schon die normalen anatomischen Verhältnisse hier ganz andere sind. Bei der noch nicht gelösten Streitfrage, ob bei der Otosklerose Veränderungen des Mittelohres eine Rolle spielen oder nicht (Habermann, Katz, Politzer, Siebenmann etc.), erscheint es jedoch nicht ausgeschlossen, dass weitere systematische Untersuchungen in dieser Beziehung auch für die Lehre der Otosklerose von Bedeutung werden können. Ich behalte mir vor, in einer späteren ausführlichen Untersuchung hierauf genauer einzugehen. Hier sollte nur die Tat-

sache als wichtig hervorgehoben werden, dass eine Spongiosierung des kompakten Knochens, die in anatomischer Beziehung der bei der sogen. Otosklerose gleicht, sekundär durch Veränderung der Mittelohrschleimhaut sehr häufig beim Meerschweinchen auftritt.

In einer Reihe von Fällen finden wir ferner eine Labyrinthitis und zwar hauptsächlich eine Entzündung der Schnecke. Sie ist abgesehen von den Fällen, in denen die Ursache der Operation zuzuschreiben ist, durch Einbruch des Eiters vom Mittelohr entstanden. Derselbe findet in zweierlei Weise statt; entweder durch die Membran des runden Fensters oder durch die Knochensubstanz der Schnecke selbst. Beide Arten können zusammen an demselben Ohre vorkommen. — Der Einbruch durch das runde Fenster kommt durch eine einfache eiterige Einschmelzung zustande. Ob hier, analog der Langeschen Ansicht beim Durchbruch an der Fenestra ovalis des Menschen, nur der Reiz aussen liegt und die primäre Rundzellenansammlung innen, sodass also eine Zerstörung von innen nach aussen zustande kommt, lässt sich nicht entscheiden, da der Prozess stets schon weit fortgeschritten ist. — Später kann es dann zu bindegewebigem sekundärem Verschluss des Fensters kommen. — Sehr eigentümlich und nicht leicht zu deuten sind die Veränderungen bei Meerschwein 27. Hier findet sich beiderseits innen am runden Fenster eine Knochenentwicklung und zwar auf der einen Seite in Form einer kompakten Masse, auf der anderen in Form von feineren Bälkchen, dabei auch Neubildung von Bindegewebe an derselben Stelle. Es ist hier wohl als das wahrscheinlichste anzusehen, dass auch hier die Folgen eines Einbruchs am runden Fenster vorliegen, der dann bindegewebig geschlossen wurde. — Die weiteren Einbrüche durch die knöcherne Substanz der Schnecke selbst kommen, wie deutlich zu erkennen ist, dadurch zustande, dass der Knochen durch Osteoklasten zerstört wird, und zwar durch solche, die von aussen, vom Mittelohr her, ihre Arbeit beginnen. Es liegen also hier richtige Einbrüche und keine Ausbrüche vor. Die Fenestra ovalis zeigt in keinem unserer Fälle eine stärkere Veränderung oder gar einen Einbruch. — Es erscheint meiner Ansicht nach entschieden verfehlt, wenn wir aus diesen anatomischen Tatsachen weitere Schlüsse für die menschliche Pathologie ziehen wollen. Mayer hat dies bekanntlich nach ähnlichen Befunden, die er bei zwei Ratten mit Labyrinthitis erhoben hat, getan: er glaubt, dass beim Menschen auch öfter, als angenommen wird, das runde Fenster die Rolle der

Eintrittspforte in das Labyrinth spielt, und dass die entgegengesetzten Befunde der Literatur damit zu erklären sind, dass die menschlichen Labyrinthiden in zu späten Stadien zur anatomischen Untersuchung gekommen sind. Zu einem solchen Schlusse sind wir sicherlich nicht berechtigt; die anatomischen Verhältnisse sind in Tierpräparaten ja ganz andere. Die Schnecke liegt hier fast frei im Mittelohr und ist so den Schädigungen durch die Entzündung in diesem direkt ausgesetzt. — In der Schnecke selbst kann der Entzündungsprozess diffus oder cirkumskript sein. Bei der letzten Form bleibt das Cortische Organ in umschriebener Ausdehnung oft gut erhalten. — Eine solche Form von Labyrinthitis beim Meerschweinchen hat schon Siebenmann auf dem Heidelberger Otologen-Kongress demonstriert. — Bei der diffusen Form bleibt die äussere Gestalt der Schnecke meist gut erhalten, sie erscheint dann als ein vollständig mit Eiter angefülltes Gebilde, in der Einzelheiten nicht mehr zu differenzieren sind. Von den nervösen Gebilden leisten die Ganglionzellen im Ganglion spirale der Zerstörung am längsten Widerstand. Auch in sehr ausgedehnten Fällen sieht man zwischen den Eitermassen noch Gruppen von ihnen in relativ gut erhaltenem Zustande. Der Canalis cochlearis zeigt in einzelnen Fällen starke Ektasie, wie sie auch in der menschlichen Pathologie nachgewiesen ist (Herzog, Ruttin). — DerVestibularapparat ist meist frei von Entzündung geblieben. Einmal finden wir das Vestibulum zum Teil von Bindegewebe ausgefüllt. Die Fenestra ovalis ist hierbei intakt. Es hat sich also offenbar der Prozess hier von der Schnecke her in das übrige Labyrinth ausgebreitet.

In zwei Fällen ist es zu einer intrakraniellen Komplikation gekommen und zwar zur Meningitis. Es ist hier nachzuweisen, dass die Eiterung auf dem Wege des Ductus cochlearis fortgeschritten ist. Derselbe stellt beim Meerschweinchen eine so gute Kommunikation mit den Meningen dar, dass es nur erstaunlich ist, dass nicht bei jeder Schneckeneiterung eine Meningitis eintritt. Anatomisch gleicht die Meningitis der beim Menschen beobachteten. Die Hauptausdehnung findet sich an der Basis. Auch auf die Hirnsubstanz selbst geht stellenweise der Entzündungsprozess über, es findet sich also eine Meningo-Enzephalitis.

Betrachten wir nun die auf rein mechanische Zerstörung zurückzuführenden anatomischen Veränderungen.

Zunächst ist hervorzuheben, dass eine totale Zerstörung der Schnecke durch die vorliegende Versuchanordnung nicht zustande gekommen ist. In allen Fällen ist wenigstens ein Rest der Schnecke an der Basis erhalten.

— Eine schöne zirkumskripte mechanische Zerstörung findet sich bei der Anbohrung der Spitze; bei der Anbohrung der Basis ist die Zerstörung meist nur sehr geringgradig. — Die mechanische Zertrümmerung kann ohne stärkere Reaktion verlaufen; meist findet ein stärkerer Bluterguss statt. Auch bei dem Versuchstiere, das direkt nach der Anbohrung der Basis getötet wurde, finden sich in den Scalae bis zur Spitze rote Blutkörperchen. Der weitere Vorgang ist der, dass die Knochentrümmer meist von feinfaserigem Bindegewebe umgeben werden. Sie werden hierbei nicht sekundär zerstört und sterben offenbar nicht ab, wie die gute Färbbarkeit ihrer Knochenkörperchen zeigt. In den neu gebildeten Bindegewebsmassen kann es ausserdem mit Hilfe von Osteoblasten zur Neubildung von Knochenbälkchen kommen. Der Prozess bleibt ganz zirkumskript; auch wenn die direkte mechanische Zerstörung sehr ausgedehnt ist, kann die übrige Schnecke vollständig normale Verhältnisse zeigen. Das Cortische Organ dieser Teile bleibt unverändert selbst in direkter Nähe der Zerstörung, wenn der Canalis cochlearis nicht eröffnet wird. Kommt es jedoch zur Einreissung der Reissnerschen Membran, was offenbar durch ausgedehnten Bluterguss in die Scala vestibuli eintreten kann (Versuch 13), so geht das Cortische Organ zu Grunde.

Die wichtigste Tatsache ist also, dass es gelingt, durch mechanische Eingriffe eine Zerstörung der Schnecke zu erzeugen, die vollständig cirkumskript ist und dass der nicht zerstörte Abschnitt der Schnecke hierbei vollständig intakt bleiben kann.

—

Sehen wir nun, welche Folgen die nachgewiesenen anatomischen Veränderungen für das Auftreten des Ohrmuschelreflexes haben, und welche Schlüsse wir aus den vorliegenden Versuchen für die Physiologie der Schnecke ziehen dürfen.

Zunächst sei das verschiedene Verhalten des Preyerschen Reflexes, wie es beim Abschluss des Versuches, also direkt vor der Tötung des Tieres bestand, betrachtet.

1. Wir finden hier einmal Tiere, bei denen kein Preyerscher Reflex mehr nachweisbar, das Tier, also kurz ausgedrückt, taub ist. (Versuchstiere 1, 2, 7, 10, 11, 14, 23, 25, 27.) Der anatomische Befund ist nicht bei allen der gleiche. Zunächst findet man darunter Gehörorgane, deren Schnecke vollständig zerstört ist, teils mechanisch, teils durch Entzündung. Ein normales Cortisches Organ ist also nicht mehr vorhanden. (Ver-

suchstier 11, 23 und 25 beiderseits, 1, 7 und 14 einseitig. — Weiter sehen wir Gehörorgane, bei denen die Veränderungen der Schnecke mehr oder weniger geringgradig sind. Hierher gehören die beiden Gehörorgane von Versuch 2, bei denen die Basis der Schnecke noch intakt ist, ebenso das eine Ohr von 7 und 1. — Endlich finden sich auch Gehörorgane mit intakter Schnecke, bei denen jedoch eine ausgedehnte Otitis media vorliegt. (Versuch 14.)

Durch diese Beobachtungen kommen wir zu dem Schlusse, dass der Preyersche Ohrmuschelreflex verschwinden kann durch stärkere Schädigungen des Schall-empfindenden oder auch des Schall-leitenden Apparates; eine vollständige Zerstörung der Schnecke ist dazu nicht notwendig.

2. Bei einer grossen Anzahl von Versuchstieren war vor der Dekapitation der Reflex nur noch für hohe Töne vorhanden. Es gehören hierher eine grössere Anzahl der untersuchten Gehörorgane (Versuch 4, 6, 8, 9, 12, 13, 16, 18, 19, 26 beiderseits, 1 einseitig). Welche anatomischen Veränderungen finden sich nun hier? — Auch hier ist der anatomische Befund kein einheitlicher. Erstens findet sich bei einer grösseren Anzahl die Spitze der Schnecke zerstört, die Basis jedoch normal mit erhaltenem Cortischem Organ. (Versuch 8, 9 beiderseits, 1, 4, 13 einseitig.) — Zweitens treffen wir Schnecken, bei denen die Spitze erhalten, die Basis jedoch zerstört ist (6, 15 und 19). Drittens auch solche, bei denen die Schnecke der betreffenden Seite vollständig zerstört, die Schnecke der anderen Seite jedoch teilweise erhalten ist, und zwar entweder die Spitze oder die Basis (Versuch 13, 16 und 6). Viertens solche, bei denen die Schnecke vollständig intakt, die des anderen Ohres aber vollständig zerstört ist (4). Fünftens finden wir endlich auch Versuchstiere, bei denen beiderseits eine Zerstörung der Schnecke fehlt und nur das Mittelohr affiziert ist (18 und 27).

3. Bei einer weiteren Reihe von Tieren blieb der Reflex normal oder nur etwas abgeschwächt. Hier findet sich mikroskopisch entweder nur eine unwesentliche Zerstörung der Schnecke (20 und 22), oder aber die Schnecke des betreffenden Ohres ist partiell (3) oder sogar total (15) zerstört, die des anderen Ohres ist jedoch vollkommen intakt.

Nachdem wir so die Endresultate zusammengestellt und die anatomischen Befunde hiermit verglichen haben, müssen wir noch das Verhalten des Reflexes während der Beobachtungszeit und

den Einfluss der verschiedenen operativen Eingriffe auf denselben betrachten. — Ein übersichtliches Bild über dieses Verhalten geben uns die Gehörkurven.

Zunächst ist festzustellen: wie verhält sich der beiderseitige Reflex bei einer einseitigen stärkeren Zerstörung der Schnecke? In der Mehrzahl der Fälle verschwindet zunächst der Reflex auf der operierten Seite für einen oder für mehrere Tage, dann tritt er wieder auf und zwar ist die Reaktion etwas abgeschwächt und meist die obere und besonders die untere Grenze etwas eingeschränkt. Am stärksten ist die Reaktion auf höhere Töne. — Auf der nicht operierten Seite tritt auch nach dem operativen Eingriff meist eine stärkere Einschränkung des Reflexes auf, dann kommt er wieder zur Norm zurück, bleibt aber auch gegen früher an Intensität oder Ausdehnung etwas zurück. — Es wird also meist auch der Reflex der intakten Seite durch die Operation der anderen Seite beeinflusst! — Wird nun auf der intakten Seite eine Zerstörung vorgenommen, so verschwindet der Reflex entweder dauernd oder er kommt für hohe Töne später wieder.

Nach dieser zusammenfassenden Betrachtung sei auf einige Kurven, die spezielles Interesse bieten, noch etwas genauer eingegangen.

Zunächst bei Versuch 4. Hier zeigt die Kurve des nicht operierten Ohres sehr schön, wie dessen Reflex durch die Operation auf der anderen Seite beeinflusst wird. Sie stellt ein direktes Abbild der Kurve des operierten Ohres dar, und kehrt nie mehr zur Norm zurück. Die anatomische Untersuchung ergibt dabei an dem Ohre normale Verhältnisse.

Ähnlich verhält sich die Kurve bei Versuch 6, doch hier weist die anatomische Untersuchung einen anderen Zusammenhang auf. Es findet sich nämlich beiderseits eine eitrige Entzündung: die rechte Schnecke ist vollständig, die linke an der Basis zerstört. Es ist also hier wohl der Reflex von links ausgelöst und die Kurve des rechten Ohres stellt das Abbild dar.

Der Versuch 7 ist ebenfalls von Interesse. Rechts und links ist die Kurve vollständig analog. Direkt nach der Operation ist der Reflex normal, erst einige Tage später verschwindet er für tiefe Töne, um dann wieder zur Norm zurückzukehren. Die anatomische Untersuchung erklärt dies Verhalten, es kam offenbar einige Tage nach der Operation zur Entzündung, die ihren Höhepunkt in der Zeit der stärksten Reflexverminderung hatte.

Eigentümlich ist das Verhalten bei Versuch 16. Hier trat nach einer Reaktionslosigkeit, die längere Zeit bestand, plötzlich wieder ein

Reflex auf hohe Töne ein. Auch hier findet sich anatomisch Otitis media, die wohl einen stärkeren Grad zur Zeit der Reflexlosigkeit gehabt hat, nachher sind die anatomischen Veränderungen wieder etwas zurückgegangen, und der Reflex kann wieder zur Auslösung gebracht werden.

Endlich sei noch auf Versuch 10 hingewiesen. Hier fand sich erst Reaktion auf hohe Töne, dann keine Reaktion mehr. Anatomisch findet sich nur eine geringe Zerstörung der Spitze, das Tier hatte aber eine schwere Allgemeinerkrankung, an der es zu Grunde ging. Es ist wohl anzunehmen, dass hier der allgemeine Schwächezustand die Ursache für das Verschwinden des Reflexes abgegeben hat.

Zum Schlusse ist noch die Frage zu erörtern: können wir weitergehende Schlüsse für die Physiologie der Schnecke aus dem Verhalten des Preyerschen Ohrmuschelreflexes ziehen, speziell können wir die Resultate der Untersuchung für die Helmholtzsche Theorie verwerten, wie Corradi es annimmt?

Diese Frage muss mit «nein» beantwortet werden. Es ist zwar Tatsache, dass nach Zerstörungen der Schneckenspitze oft der Reflex nur noch für hohe Töne nachweisbar ist, anderseits tritt dies aber auch ein bei mannigfachen anderen Schädigungen, und zwar sogar auch bei Zerstörungen der Schneckenbasis, wobei die Spitze der Schnecke intakt bleibt. Es ist dies Verhalten wohl damit zu erklären, dass der Reflex überhaupt durch hohe Töne leichter auslösbar ist, als durch tiefe. Tritt nun eine stärkere Schädigung des Ohres ein, so bleibt er nur für die hohen, das Ohr stärker reizenden Töne erhalten. — Hierdurch ist es auch zu erklären, dass es niemals bei den verschiedensten Versuchsanordnungen möglich ist zu erreichen, dass der Reflex nur für hohe Töne verschwindet und für tiefe erhalten bleibt. Diese Tatsache tritt nie ein.

Wir können also durch Untersuchungen über das Verhalten des Preyerschen Ohrmuschelreflexes bei experimenteller Zerstörung der Meerschweinchenschnecke keine Stütze für die Helmholtzsche Resonanztheorie gewinnen.

II. Versuche am Vestibularisorgan.

Seit Flourens als erster Durchschneidungen der Bogengänge des Ohrlabyrinthes ausgeführt hat, sind eine enorme Anzahl von Experimenten an dem Vestibularisorgan vorgenommen worden. Trotzdem sind wir noch weit entfernt davon, sichere Kenntnisse über die Funktion dieses Organes zu besitzen. Das Studium der Literatur wirkt geradezu

verwirrend, so zahlreich sind die Hypothesen, die aufgestellt worden sind. Mit Recht sagt Ewald in seinem Buche über den Nervus octavus: »Je weniger wir die Funktion eines Organes kennen, desto zahlreicher und verschiedenartiger sind die Angaben über seine Wirkungsweise. Das Labyrinth hat man für alles nur Erdenkliche schon verantwortlich gemacht«. Ich unterlasse es in folgendem auf die Literatur näher einzugehen und verweise auf die grösseren Zusammenstellungen von Ewald, von Stein und Stern, auch im Handbuche der Physiologie von Nagel ist eine schöne Zusammenstellung der Theorien und des Standes unserer heutigen Kenntnisse über das Vestibularisorgan gegeben.

In jüngster Zeit, in der auch die Morphologie in das Stadium des Experimentes eingetreten ist und durch Experimente in frühesten Entwickelungsstadien interessante Aufschlüsse erhalten hat, ist man auch dazu geschritten, an dem in Entwickelung begriffenen Sinnesorgan durch Exstirpation und Transplantation Veränderungen zu erzeugen und die Folgeerscheinung derselben zu studieren. Lewis hat derartige Versuche an der Augenanlage vorgenommen, und angeregt hierdurch hat Steeter am Hörbläschen in frühen Entwickelungsstadien der Amphibien experimentiert.

Er exstirpierte bei jungen Bombinatorlarven das Labyrinthbläschen ein- und doppelseitig und sah darnach starke Bewegungsstörungen auftreten. Die Tiere schwimmen im Kreis oder schlangenförmig und haben Neigung sich um die Längsachse zu drehen. Bei einseitig operierten Tieren gehen die Symptome mit der Zeit zurück. Die Metamorphose nimmt ihren normalen Gang, und wenn die Beine sich entwickelt haben, ist nichts pathologisches mehr an dem Gebahren des Tieres zu sehen. Bei doppelseitiger Exstirpation bleiben die Tiere in der Entwickelung zurück, da sie keine Nahrung zu sich nehmen. Sie können nicht spontan schwimmen, liegen meist auf einer Seite auf dem Boden des Gefässes, aufgescheucht machen sie wirbelartige unregelmässige Bewegungen mit Überschlagen etc. Es gelingt nicht, die Tiere lang am Leben zu halten, nach längstens 2 Monaten gehen sie zu Grunde. Auch Transplantationen des Gehörbläschens hat Steeter vorgenommen. Es traten hierbei dieselben Symptome auf wie nach den Exstirpationen.

Spemann hat ebenfalls Transplantationsversuche gemacht und sah danach Manegebewegungen, Überschlagungen etc. auftreten. Ebensolche Verlagerungen hat Lewis vorgenommen, doch nur zum Zwecke morphologischer Studien. In seiner Arbeit geht er auf die durch die Eingriffe verursachten Bewegungsstörungen nicht ein.

Da derartige Experimente grosses Interesse bieten, habe ich ebenfalls Exstirpationsversuche an Larven vorgenommen, leider ist es mir nicht gelungen, auch die einseitig operierten Tiere längere Zeit am Leben zu halten, wohl hauptsächlich der vorgerückten Jahreszeit halber.

Experimentelle Zerstörungen der Gehörbläschen von Amphibienlarven.

Als Versuchstiere verwandte ich ebenfalls Bombinatorlarven, und zwar in frühen Stadien, zirka 2 Tage alt. Die Larven machen dann noch keine spontanen Bewegungen und reagieren kaum auf Reize. Es gelingt deshalb leicht ohne Anwendung von besonderen Narcoticis die Operation vorzunehmen. Unter dem binokularen Mikroskope sieht man in diesem Stadium deutlich den durch die Augenblase gebildeten Hügel und nach oben und hinten davon eine weitere kleine Erhebung, die durch das Vorhandensein des Ohrbläschen bedingt wird. Bei einiger Sorgfalt gelingt es unschwer mit einem feinen Glasfaden einzustechen und das Bläschen zu entfernen. Die Resultate meiner Untersuchungen decken sich im ganzen mit denen von Steeters.

Die einseitig operierten Tiere liegen am Tage nach der Operation ruhig da und reagieren kaum auf Reize. Vom zweiten Tage an sind pathologische Veränderungen bemerkbar. Aufgescheucht sucht das Tier nach oben zu schwimmen; dies geht aber nicht wie bei normalen Tieren in gerader Linie vor sich, vielmehr beschreibt es dabei kurze Bogen und oft richtige Spiralen, bei rechts operierten Tieren meist im Sinne des Uhrzeigers, von oben gesehen. Diese Bewegungen sind nicht vollständig regelmäfsig, manchmal ist der Kreisbogen gross, manchmal aber auch nur sehr klein, sodass das Tier fast nicht von der Stelle wegkommt. Ausser diesen kreisförmigen Bewegungen macht es auch Drehungen um seine Längsachse, also Rollbewegungen. Diese Rollungen sind meist sehr deutlich und bei manchen Tieren viel ausgeprägter, als die Kreis- und Spiralbewegungen, sodass es den Anschein hat, als ob das Tier sich direkt durch das Wasser durchbohrte. Bei rechtsseitiger Operation ist die Rollung meist derart, dass die rechte Seite vorangeht, doch lässt sich manchmal auch sicher nachweisen, dass die Bewegung in umgekehrter Richtung vor sich geht. Die Tiere ermüden rascher als normale, und wenn man sie mehrmals hintereinander aufgescheucht hat, gelingt es nur schwer sie zu erneuten Bewegungen zu bringen. In Ruhe liegen sie meist auf der rechten Seite auf dem Boden des Gefässes, häufig auch auf dem Rücken, selten auf der

linken Seite. Wenn man sie vorsichtig mit einem Stäbchen dreht, ohne zu rasche Bewegungen zu machen, lassen sie sich leicht in andere Lage bringen und verharren ruhig in dieser. Bei einem unoperierten Tiere ist dies unmöglich. Interessant ist auch folgender Versuch: wenn das Tier auf dem Boden des Gefässes liegt, bringt man durch leichte vorsichtige Neigungen des Gefässes das Wasser etwas ins Schwanken. Das normale Tier verharrt dabei ruhig in normaler Lage an seinem Ort. Das operierte Tier jedoch gerät ins Rollen um seine Längsachse, und man kann es so leicht durch die Bewegungen des Wassers auf dem Boden des Gefässes hin und her rollen. Es macht hierbei keinerlei aktive Bewegungen, sondern verhält sich rein passiv, wie ein lebloses Wesen.

Das doppelseitig operierte Tier liegt meist ruhig auf dem Bauch, seltener auf einer Seite oder dem Rücken. Scheucht man es auf, so macht es plötzlich ganz wilde purzelbaumartige Bewegungen in so rasender Geschwindigkeit, dass Einzelheiten dabei nicht zu beobachten sind. Nach und nach kommt es nach diesem Anfalle wieder zur Ruhe und liegt wieder wie tot da.

Die Tiere gingen wie erwähnt alle nach 14 Tagen bis 3 Wochen zu Grunde. Verschiedene wurden in Paraffin eingebettet und eine mikroskopische Untersuchung vorgenommen. Dieselbe ergab ein vollständiges Fehlen der Anlage des Gehörorganes auf der operierten Seite. Sonst war an der Entwickelung des Kopfes nichts Abnormes nachzuweisen. Eine Nebenverletzung, besonders des Zentralnervensystems, hatte nicht stattgefunden.

Die Resultate dieser Untersuchung sind deshalb interessant, weil sie beweisen, dass die früheste Anlage des Labyrinthorganes schon eine dem späteren Gleichgewichtsorgane analoge Tätigkeit hat. Die so wenig differenzierte Zellgruppe vermag offenbar schon die Funktion auszufüllen, die später der komplizierte Apparat der Bogengänge hat. Diese Tatsache ist überraschend, denn die Froschlarve ist sicher bei ihrer Lebensweise noch mehr von ihrem Gleichgewichts- und Orientierungssinn abhängig, als das ausgewachsene Tier. Es muss deshalb das morphologisch so einfach gebaute Hörbläschen hier schon eine Arbeit verrichten, zu der bei dem entwickelten Tiere ein komplizierter Apparat nötig ist, ein Apparat, dem man gerade wegen seines Baues und der eigenartigen Anordnung seiner Bogengänge in den drei Dimensionen des Raumes die Fähigkeit als »statisches Sinnesorgan« zu funktionieren zuschrieb, und über dessen

Wirkungsweise man gerade wegen dieses Baues die ausgedehntesten Theorien aufgestellt hat. Welcher Art die Wirkungsweise ist, darüber geben auch Exstirpationsversuche beim Embryo keinen ganz sicheren Aufschluss, jedenfalls aber ist die Wirkungsart keine einfache und nicht etwa einfach durch Beeinflussung der Muskeltätigkeit, durch veränderten Muskeltonus im Ewaldschen Sinne zu erklären. Nicht einmal die kreisförmigen Bewegungen lassen sich durch eine einfache einseitige stärkere Aktion der Muskulatur erklären, denn dann wäre es unverständlich, dass die Bewegungen manchmal auch in umgekehrter Kreisrichtung vor sich gehen. Noch weniger reicht jedoch diese Hypothese aus, die einfache Rollung auf dem Boden des Gefässes zu erklären. Eine einseitige Schwäche kann sie nicht verursachen, Ermüdung spielt dabei keine Rolle, denn auch das ausgeruhte Tier ist dazu zu bringen, ein Tier, das aufgescheucht, wilde Bewegungen vollführt. Man muss vielmehr zu dem Eindruck gelangen, dass das Tier keine Empfindung über seine Lage besitzt; es ist nicht orientiert, was oben und unten ist, und deshalb sucht es nicht durch aktive Bewegungen wie ein normales Tier seine richtige Körperlage beizubehalten.

Bei den Experimenten am ausgebildeten Bogengangsapparate hat man sich der verschiedenartigsten Methoden bedient. Mechanische, thermische, chemische, elektrische Einwirkungen wurden angewandt, und diese selbst wieder in den verschiedensten Variationen. Speziell die mechanischen Eingriffe sind in der verschiedensten Weise vorgenommen worden. Von den groben mechanischen Zertrümmerungen (Goltz) ist man bald abgekommen, da aus diesen unreinen Versuchen über die Funktion der Bogengänge nichts zu schliessen ist wegen der unvermeidlichen Mitverletzungen benachbarter wichtiger Gehirnteile (Böttcher, Steiner, Bloch u. a.). Nach und nach hat sich eine sehr exakte Technik herausgebildet, die in den Versuchen Ewalds ihren Höhepunkt erreicht hat. Bei allen den zahlreichen Untersuchungen fällt jedoch auf, welche geringe Bedeutung die Forscher einer nachträglichen anatomischen Untersuchung der Gehörorgane beigelegt haben! Die meisten Untersucher haben überhaupt jede derartige Kontrolle ihrer Versuche unterlassen, und es mag wohl zum grossen Teil hierdurch bedingt sein, dass bei gleichartigen Experimenten die einzelnen Autoren oft sehr verschiedene, sogar direkt entgegengesetzte Resultate erhielten.

Flourens gibt an, dass die nachträgliche Sektion bei seinen Durchschneidungsversuchen eine Obliteration der Kanäle an den durchschnittenen Stellen ergeben habe, das Gehirn zeigte keine pathologische Veränderung.

Böttcher fand bei der Sektion starke Vereiterung der Ohrkapsel, Extravasate und Entzündungsherde im Gehirn, in den Fällen, in denen ausgedehnte »Labyrinthsymptome« aufgetreten waren.

Ewald gibt auch keine genauen anatomischen Beschreibungen. Er erwähnt nur den Sektionsbefund, den er bei seinen Tauben mit plombierten Bogengängen erhoben hat. Nach einigen Monaten fand er bei der Sektion, dass die Plomben zwar ringsum von Knochenmasse eingeschlossen sind, sich aber nicht mehr in einem Kanal befinden. Sie sind abgekapselt worden. Die Stümpfe des knöchernen Kanales sind durch eine Knochenmasse wie durch einen Deckel verschlossen, wodurch der Kanal wie abgeschnitten erscheint. »Aber wie verhält es sich dabei mit dem häutigen Kanal? Um hierüber Aufklärung zu bekommen, macht man nicht weit von dem Ende in beide Stümpfe Löcher, zieht aus jedem derselben den häutigen Kanal heraus, macht dann mikroskopische Präparate. Beide Stücke haben bis zum äussersten Ende ein völlig normales Aussehen und sind in sehr eleganter Weise blindsackförmig geschlossen, d. h. die Wände jedes Kanalendes sind, ohne irgend eine Verdickung oder Verwachsung zu zeigen, in wohl gerundeter Form ineinander übergegangen«.

Ausführlichere Bemerkungen über postoperative Veränderungen macht Matte im Nachtrag seiner Arbeit zur Physiologie des Ohrlabyrinthes. Er fand nach seinen Exstirpationen an Stelle der nervösen Gebilde die Höhlung angefüllt mit äusserst zartem spinnwebartigem Bindegewebe. Dazwischen finden sich hin und wieder Reste von Markscheiden und andere Zerfallprodukte. »Zahlreiche neugebildete Kapillaren durchziehen die dichten Gewebsstränge an den Resten der knöchernen Labyrinthwandungen.« Wenn das Labyrinth nur teilweise entfernt ist, so verhalten sich die noch erhaltenen Teile anscheinend normal.

Sgobbo hat als einziger eine Reihe von Experimenten vorgenommen in der Absicht durch nachträgliche anatomische Untersuchungen festzustellen, welche Veränderungen durch das Experiment hervorgebracht werden. Er hat im ganzen 13 Versuche mit Anbohrungen und Zerstückelung der Bogengänge gemacht. Er fand hierbei bei der nachträglichen anatomischen Untersuchung, dass häufig die Zerstörung des Labyrinthes grösser war, als nach den Operationsmethoden anzunehmen

war. Er kommt durch seine Untersuchungen zu folgenden Schlüssen: Es ist nicht möglich selbst bei peinlichster Vorsicht genau die traumatische Einwirkung auf vorher bestimmte Stellen des inneren Ohres zu beschränken. Wenn die traumatische Einwirkung halbwegs ausgedehnt ist, sind die Ampullen stets mit ergriffen; nur bei leichten Verletzungen, wie Stiche in den knöchernen Kanal, bleibt die Ampulle intakt. Die auf einen Kanal beschränkte Verletzung gibt nicht Erscheinungen, die für den betreffenden Kanal als charakteristisch anzusehen sind. Die vorübergehenden Erscheinungen sind als Reizsymptome anzusehen. Als Ausfallssymptome sind nur die Erscheinungen anzusehen, welche dauernd bleiben, hierbei findet sich histologisch eine Zerstörung des Sinnesepithels der Ampullen.

Diese wenigen anatomischen Untersuchungen konnte ich nur in der Literatur finden; bei der enormen Ausdehnung derselben ist es natürlich möglich, dass noch weitere Untersuchungen mir entgangen sind. Ich glaube aber, dass ausser der zitierten Arbeit von Sgobbo kein Autor sich eingehender mit der Frage beschäftigt hat. Es erschien mir deshalb angebracht, systematisch eine grössere Reihe Zerstörungen der verschiedensten Art vorzunehmen und dann anatomisch zu untersuchen, welcherlei Veränderungen im Labyrinth diese Zerstörungen bewirkten. Es schien zu hoffen, dass man dann beim Vergleich der klinisch auftretenden Erscheinungen mit den anatomischen Veränderungen über einige noch offene Fragen klar werden könnte.

Besonders erschien es mir wichtig, womöglich über das Auftreten eines Symptomes mehr Klarheit zu gewinnen, nämlich über die sogenannte Kopfverdrehung der am Labyrinth operierten Tauben. Aus der Literatur geht hervor, dass bei ein und demselben Eingriff einzelne Autoren sie beobachteten, andere wieder nicht; ja dass sogar dieselben Autoren bei derselben, unter ganz gleichen Kautelen ausgeführten Operation einmal die Kopfverdrehung auftreten sahen, ein anderes Mal nicht. (Stefani u. a.) Böttcher, Bloch u. a. erklären diese Verschiedenheit so, dass bei gröberen Operationsmethoden eine Zerrung des Acusticus herbeigeführt wird und diese dann eine Reizung der Zentralelemente des Gehirns verursacht. Erst durch diese trete die Kopfverdrehung auf, die also nicht als direkte Folge des Durchschneidens der Kanäle anzusehen ist. Bei vorsichtiger Manipulation trete die Erscheinung niemals auf.

Spamer glaubt, dass es zwei Arten von Kopfverdrehung gibt: eine, die sog. »primäre«, durch Läsion des Labyrinthes, und eine andere

»sekundäre«, die durch Schädigung des Kleinhirns verursacht ist. Breuer nimmt an, dass die Verdrehung durch eine Reizung des Vorhofes hervorgebracht wird. — In neueren Arbeiten finden wir diese Frage über die Kopfverdrehung meist gar nicht weiter berührt.

Ewald, der in seinem Werke über den Nervus octavus wohl am eingehendsten die Symptome der Kopfverdrehung behandelt, äussert sich ebenfalls nicht genauer zu der Frage. Seiner Meinung nach wird der Kopf infolge der einseitigen Schwäche der Halsmuskulatur verdreht. Die Erörterung hierüber findet sich in Kapitel »Das Verhalten der Tauben nach nur einseitiger Herausnahme des ganzen Labyrinthes«. Dass die Kopfverdrehung auch nach teilweiser Zerstörung auftreten kann, bemerkt Ewald nicht besonders. Nur in einer kritischen Bemerkung gegen Breuer im späteren Abschnitte seines Buches kommt er noch einmal auf die Verdrehung zurück. Er sagt hier in Bezug auf Versuche Breuers über den Drehschwindel: »Da die Tauben nach einigen Tagen Kopfverdrehung zeigten, was nie nach symmetrischen Operationen eintreten darf, so ist zu vermuten, dass der Utriculus auf der einen Seite nur teilweise entfernt wurde«. Danach ist der Utriculus für das Zustandekommen der Kopfverdrehung von Wichtigkeit.

Endlich erwähne ich noch, dass einzelnen Autoren (Stefani, Deganello) die Kopfverdrehung wieder indirekt auf das Kleinhirn zurückführen. Infolge der Bogengangszerstörung soll es zu einer Degeneration im Kleinhirn kommen, und wenn diese eintritt, kommt es zu dem Symptom der Kopfverdrehung. Ich komme hierauf noch später zurück und gehe jetzt zur Beschreibung meiner Versuche über. Ich wiederhole nochmals, dass dieselben hauptsächlich im Hinblick auf zwei Gesichtspunkte unternommen wurden, einmal um systematisch die durch verschiedene Verletzung des Labyrinthes verursachten anatomischen Veränderungen festzustellen und weiter um womöglich zu ermitteln, welche anatomische Veränderung die Kopfverdrehung verursachen.

Zunächst seien einige Vorbemerkungen über die anatomischen Verhältnisse sowie über die Operations- und Untersuchungstechnik gemacht.

Bemerkungen über die Anatomie des Taubenlabyrinthes.

Bezüglich der genaueren Anatomie des Gehörorganes der Taube verweise ich auf die ausführlichen Abhandlungen von Retzius, Hasse und das dies betreffende Kapitel in Ewalds »Nervus octavus«. Nur einige Bemerkungen mögen zur Orientierung dienen.

Das Gehörorgan liegt beiderseits hinten unten am Schädel in der sog. Ohrkapsel, deren mediale Wand an das Gehirn, speziell Kleinhirn und Mittelhirn, grenzt und dessen laterale Wand die äussere Schädeldecke darstellt. In dieser Kapsel liegt das kompakte knöcherne Labyrinth, umgeben von äusserst zierlichen Knochenbälkchen, die weite Lufträume zwischen sich lassen. Von Stein gibt an, dass diese Hohlräume nur bei den Nachtraubvögeln beiderseits miteinander kommunizieren; dies ist jedoch nicht der Fall, auch bei der Taube fand ich stets eine breite Kommunikation, was wichtig ist, da auf diesem Wege leicht Entzündungen sich von einer auf die andere Seite fortsetzen können. An dem knöchernen Labyrinth unterscheidet man die Bogengänge, einen mittleren unregelmäfsig gestalteten Körper, der hauptsächlich das Vestibulum darstellt und die langgestreckte, leicht gebogene, kolbenförmige Schnecke mit dem sog. Erker an ihrer Basis. In den folgenden Betrachtungen werde ich die Nomenklatur von Ewald annehmen und demnach einen Canalis externus, anterior und posterior unterscheiden. Je zwei derselben kreuzen sich und zwar der Posterior und Externus mehr lateral im sog. grossen Kreuz, der Anterior und Externus im kleinen Kreuz. Direkt an den Bogengängen verlaufen grosse Venenstämme, die Sinus genannt werden. Im allgemeinen ist die Regel, dass der obere Schenkel des Canalis posterior und der vordere des Externus von der einen, der Anterior fast in seiner ganzen Ausdehnung von der anderen Vene begleitet ist. Bei den zahlreichen Präparaten, die ich untersuchte, fand ich öfters Varietäten, speziell in einem Falle war von der erstgenannten grossen Vene nichts nachweisbar, es fand sich vielmehr in Begleitung der Bogengänge ein unregelmäfsiges feines Gefässnetz, sodass die Operation hierdurch sehr erschwert wurde. Endlich erwähne ich noch einen eigenartigen spaltförmigen Hohlraum, das sog. Cavum mesooticum, das sich unter dem Bogen des Canalis anterior als Fortsetzung des Schädelinnern vor dem oberen Schenkel des Posterior lateral bis zum grossen Kreuz erstreckt. Sein Entdecker Schlarewsky und andere Autoren nahmen an, dass in ihm ein Fortsatz des Kleinhirnes sich befände. Die Verletzung dieses Kleinhirnteiles bei den Experimenten sollten dann die als Labyrintherscheinungen betrachteten Symptome hervorgerufen haben. Böttcher und Hasse haben jedoch nachgewiesen, dass nur eine Duplikatur der Dura in dem Cavum verläuft. Ich habe eine sehr verschiedene Ausdehnung beobachten können, meist handelte es sich nur um einen schmalen spaltförmigen Hohlraum, doch bei manchen Tieren ist derselbe

auch stärker ausgebildet, sodass er von lateral betrachtet als ein knochenblasenartiges Gebilde erscheint. Er enthält jedoch nie Hirnsubstanz, sondern nur Bindegewebe und starke Gefässe, nur direkt am Anfange drängt sich manchmal etwas Kleinhirn in die Lücke hinein. Wenn man zum anatomischen Studium einfache, nicht gehärtete Taubenköpfe verwendet, kann man leicht zu anderer Ansicht kommen. Denn die durch Fäulnis verflüssigte Gehirnmasse läuft dann bei genügender Weite in das Cavum hinein; verletzt man es nun, auch ganz lateral, so stürzt plötzlich Hirnmasse heraus, sodass man glauben kann, das Kleinhirn verletzt zu haben. Vielleicht ist es auf diese Weise zu erklären, dass eine Reihe von Autoren annahm, dass das Cavum normaler Weise Hirnsubstanz enthalte.

Bezüglich der mikroskopischen Anatomie verweise ich besonders auf Breuer. Die beiden Ampullen des Canalis anterior und posterior besitzen sog. Septa cruciata, während die Ampulle des Externus ein einfaches Septum hat. Ausser dem Maculae des Utriculus und des Saculus findet sich direkt an der Ampulle des Posterior die Macula neglecta. Die Schnecke enthält von Nervenendstellen die Papilla basilaris und an ihrer Spitze die Papilla lagenae. Hervorzuheben ist noch die Lage der Ganglien, das Ganglion cochleare liegt innerhalb, das Ganglion vestibulare dagegen ausserhalb der Ohrkapsel. Die Ganglienzellen des Vestibulare fand ich häufig etwas unregelmäfsiger begrenzt und schlechter färbbar als die des Cochleare. Vielleicht hängt dies mit ihrer Lage zusammen, wegen der die Härtungsflüssigkeiten sie nur schwieriger erreichen können. Bei der Methode der sekundären Osmierung zeigen die Ganglienzellen meist deutlich die eigenartige ringförmige schwarze Umsäumung, wie sie Wittmaack beim Meerschweinchen beschrieb und als Markhüllen deutet. Bezüglich des weiteren Verlaufes des Nervus octavus verweise ich auf die genaueren Untersuchungen von Brandis und Wallenberg; wichtig ist, dass Verbindungen mit dem Kleinhirn und den Augenmuskelnerven bestehen.

Bemerkungen über die Operationsmethoden.

Die Tauben wurden in dem Ewaldschen Taubenhalter, der auch durch einen einfachen grossen Bleiring ersetzt werden kann, fixiert. Die Operation am Knochen wurde unter der binokularen Lupe vorgenommen. Nach Abscheren der Federn am Hinterkopfe und Desinfektion macht man den Hautschnitt am besten in der Weise, dass man die Haut stark nach vorn verschiebt und dann direkt über dem

Ansatz der Nackenmuskeln einschneidet. Auf diese Art klafft die Hautwunde sehr gut. Es wird nun der Ansatz der Nackenmuskulatur scharf durchtrennt und mit einem passenden Instrument der Muskulatur zurückgeschoben. Nachdem man die faserigen Ansätze vom Knochen abgekratzt hat, sieht man schon das grosse Kreuz durch die dünne äussere Schädelwand durchschimmern und kann sich im weiteren Vorgehen danach richten. Es wurden nun verschiedene Arten von Eingriffen vorgenommen und zwar:

1. Extraktion eines Bogenganges auf einer Seite,
2. dasselbe auf beiden Seiten,
3. Extraktion von mehreren Bogengängen auf einer Seite,
4. dasselbe auf beiden Seiten,
5. grössere Zerstörungen des Labyrinthes einseitig,
6. Plombierung von Bogengängen einseitig,
7. künstliche Infektionen von Bogengängen einseitig.

Die Technik der Extraktion der Bogengänge ist sehr einfach. Mit einem feinen Zahnbohrer wird der betreffende Kanal an der gewünschten Stelle angebohrt, dann mit einem Häkchen oder einer Uhrmacherpinzette der häutige Kanal herausgezogen. Bei den ausgedehnten Zerstörungen ging ich nach Ewald vor, nur wurde auf vollkommene Zerstörung kein so grosses Gewicht gelegt und die Schnecke stets zurückgelassen. Die Plombierungen wurden in verschiedener Weise vorgenommen. Einmal genau nach Ewalds Vorschrift; diese Art der Plombierung hat den Nachteil, dass das Präparat nachher sich nicht in toto schneiden lässt, sondern nach der Härtung und Entkalkung die Plomben zuerst entfernt werden müssen. Ich habe deshalb auch die einfache Guttaperchaplombe benutzt. Die Methode geht sehr gut und die Plombe lässt sich zur mikroskopischen Untersuchung tadellos schneiden. — Die künstliche Infektion wurde zu dem Zwecke vorgenommen, um zu sehen, ob durch sie andere Symptome als bei der einfachen aseptischen Operation auftreten. Es wurde eine Öffnung in den knöchernne Canalis externus gebohrt und dann einmal Staphylokokken- und zweimal Streptokokkeneiter in diese Öffnung eingepropft. —

Was die histologische Technik betrifft, so wurden die Schädel entweder nach Wittmaacks Vorschrift, nur kürzere Zeit, behandelt oder einfach in 96 % Alkohol fixiert und gehärtet und nach Entkalkung in Zelloidin eingebettet. Diese letzte Methode gibt ebenfalls sehr gute Resultate, speziell die Sinnesepithelien bleiben gut erhalten. Zu warnen ist vor der Behandlung mit Formalin, da hier reichlich Kunstprodukte auf-

treten. Die mikroskopische Untersuchung wurde an Frontalschnitten vorgenommen, die etwas schräg von hinten oben nach vorn unten verlaufen. Auf diese Art erhält man die schönsten Durchschnitte der Ampullen. Von Färbungen wurde gewöhnlich die Heidenhain-van Gieson-Methode benutzt, weiter Hymatoxylin-Eosin und die üblichen anderen Kernfärbungen. Als Nervenfärbung die Weigertsche Markscheidenfärbung und besonders die Wittmaacksche sekundäre Osmierung. Protoplasmafärbung mit Thionin etc. gaben keine sehr befriedigende Resultate.

Noch einige Bemerkungen über die angewandten Untersuchungsmethoden auf Labyrinthstörungen. Direkt nach der Operation wurde das Tier nicht untersucht, vielmehr ganz in Ruhe gelässen, um Blutungen zu verhüten. Erst am Tage nach der Operation begann die Beobachtung. Wenn nichts besonderes im Text bemerkt ist, wurde so vorgegangen: Zuerst wurde das Tier in Ruhe beobachtet, dann der Gang, weiter der Flug, indem es aufgescheucht oder aufgeworfen wurde, ferner wurde nach Ewalds Verschrift das Tier an den Füssen aufgehängt, weiter in »Fussschnabellage« gehalten. Weiter wurde die Kraft der Beine geprüft, allerdings nur grob durch einfachen Zug mit der Hand und endlich auf Kopfnystagmus oder, wie Ewald es nennt, Drehschwindel untersucht. Ein Zyklostat stand nicht zur Verfügung; die Tiere wurden deshalb einfach mit der Hand gedreht. Die Beobachtung des Nystagmus wurde mir ziemlich schwer, ich fand oft sehr wechselnde Bewegungen etc.; zumal wenn Kopfverdrehung besteht, erschien mir eine genaue Beobachtung unmöglich. Zur Ausschliessung der Augen verwandte ich die von Ewald angegebene Kopfkappe.

Versuche.

I.

Versuch 1. Rechte Eröffnung des knöchernen horizontalen Kanales vor dem grossen Kreuz. Extraktion des häutigen Kanales. Ampulle wird nicht mit entfernt. Operation ohne wesentliche Blutung.

Tier zeigt nach der Operation normales Verhalten. Am 12. Tage Auftreten von Labyrinthsymptomen und Kopfverdrehung. Die Symptome bleiben bis zur Dekapitation, 24 Tage post operationem, bestehen.

Miskroskopischer Befund: Die Knochenwunde der Ohrkapsel ist gut verheilt mit Neubildung des Knochens. Häutiger Canalis externus fehlt von der Eröffnungsstelle bis fast zur Ampulle. Das

Lumen des knöchernen Kanales ist ausgefüllt von zellarmem Bindegewebe von stellenweise myxomatösem Charakter. An der Eröffnungsstelle einzelne Knochenstückchen im Innern des Bindegewebes, keine Knochenneubildung im Kanal. Weiter nach vorne Kanal zuerst kollabiert, dann normal. Ampulle des Externus gut erhalten mit schönem Sinnesepithel und Cupula. Ebenso die Maculae und die Schnecke. Ohrkapsel selbst von normaler Architektur. — Linkes Labyrinth normal.

Versuch 2. Rechts Extraktion des Canalis externus. Ampulle bleibt zurück, keine wesentliche Blutung. Tier erscheint normal. 8 Tage nach der Operation Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Häutiger Bogengang fehlt in grosser Ausdehnung. Lumen des knöchernen mit straffem Bindegewebe erfüllt. Operationswunde in der Kapselwand bindegewebig geschlossen. Sehr starke Bindegewebsneubildung im Innern der Ohrkapsel, deren Lufträume hierdurch fast vollständig ausgefüllt sind. In dem Bindegewebe zahlreiche neugebildete Knochenbälkchen, mit Osteoblasten besetzt. Die knöchernen Kanäle und Ampullen von diesen Knochenbälkchen vollständig umwuchert. Im Innern der Kanäle keine Knochenneubildung. Ampullen, auch die des Canalis externus, gut erhalten. Ebenso Utriculus, Saculus und Schnecke. Linkes Labyrinth normal.

Versuch 3. Rechts Extraktion des Canalis externus. Ampulle bleibt zurück. Keine Besonderheiten.

Am 9. Tage läuft das Tier, wenn aufgescheucht, im Bogen nach rechts. Sonst keine Labyrinthsymptome. Mehrere Tage später auch am Gang nichts Abnormes mehr nachweisbar. Nach $3^1/_2$ Monaten Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Bindegewebiger und knöcherner Verschluss der Ohrkapselwunde. An Extraktionsstelle geringgradige Knochenwucherung. Sonst keine Knochen- oder Bindegewebsneubildung im Bereiche der Ohrkapsel. Canalis externus zum Teil kollabiert. Seine Ampulle ist gut erhalten. Ebenso die übrigen Nervenendstellen.

Versuch 4. Rechts Extraktion des Canalis externus, ohne Ampulle. Glatter Verlauf. Tier normal. 8 Tage später beim Fliegen leichter Bogen nach rechts. Sonst keine Labyrinthsymptome. $1^1/_2$ Monate nach der Operation Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Operationswunde bindegewebig und knöchern verschlossen. Einzelne Bindegewebsstränge im Innern der Ohrkapsel. Lumen des extrahierten knöchernen Ganges bindegewebig ausgefüllt. Keine Knochenneubildung. Ampulle des Externus ohne pathologische Veränderung, ebenso übriges häutiges Labyrinth.

Versuch 5. Extraktion des Canalis anterior nach Anbohrung direkt über der Ampulle. Keine Besonderheiten. Im weiteren Verlauf keine Abnormitäten nachweisbar. Nach einem Monat Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Struktur der Ohrkapsel normal, Extrahierter Kanal von feinfaserigem Gewebe ausgefüllt. Ampulle vollständig normal. Ebenso übriges Labyrinth.

II.

Versuch 6. Beiderseits Extraktion des Canalis externus. Am Tage nach der Operation Kopf gerade gehalten, pendelt leicht um vertikale Achse. Schnabel dabei etwas mehr nach rechts als nach links stehend. Am Gang nicht deutliches Abnormes nachweisbar. Später dreht sich das Tier, wenn aufgeregt, rasch links um, manchmal auch nach rechts. Zeitweise starkes Drehen nach links und manchmal Rollen nach rechts, wobei das Tier den Kopf oft stark aufschlägt und dann wie tot liegen bleibt. Fliegt nicht spontan, in die Luft geworfen, überschlägt es sich plötzlich nach rechts oder nach links und fällt zu Boden. Nach 9 Wochen Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: An Extraktionsstelle knöcherne Wucherung der Bogengänge, die hierdurch zum Teil vollständig ausgefüllt sind. Ebenso hier etwas Bindegewebsentwicklung, sonst knöchernes Labyrinth normal. Ampullen mit ihren Sinnesepithelien gut erhalten, übriges Labyrinth ohne pathologische Veränderung. Befund beiderseits gleich.

Versuch 7. Beiderseits Extraktion des Externus. Am Tage nach der Operation sitzt Tier mit stark vorgebeugtem Kopf da, den Schnabel etwas nach links auf die Brust gedrückt. Aufgescheucht fällt es vorn über. Später in Erregung schleudernde Bewegung des Kopfes, dabei Schnabel bald mehr nach rechts, bald mehr nach links gedreht. Gang meist gerade, dann plötzlich Umdrehungen nach rechts oder links, sodass das Tier nicht mehr von der Stelle kommt. Kein spontaner Flug. In die Höhe geworfen überschlägt sich das Tier nach ein paar Flügelschlägen und stürzt nieder. Im späteren Verlauf mehr typisches Knopfnicken, beim Gang macht das Tier sehr deutlich abwechselnd Bogen nach rechts und nach links, so eine Schlangenlinie beschreibend. Nystagmus ohne Kappe vorhanden, sehr grossschlägig. Mit Kappe kein deutlicher Nystagmus. Dekapitation nach 7 Wochen.

Mikroskopischer Befund: Knöcherne Ohrkapsel ohne Veränderung. Horizontaler Bogengang, an Operationsstelle fast vollständig durch neugebildete Knochenbälkchen obliteriert, in weiter Entfernung durch Bindegewebe verschlossen. Reste der Bogengänge vollständig normal, Ampulle mit gut erhaltenem Sinnesepithel. Übrigens häutiges Labyrinth nicht verändert. Befund beiderseits gleich, nur knöcherne Obliteration des Bogenganges rechts in etwas grösserer Ausdehnung als links.

Versuch 8. Beiderseits Extraktion des Canalis anterior. Ampullen bleiben zurück. Glatter Verlauf. Tier sitzt am Tage nach der Operation geduckt da und macht nickende Bewegungen mit dem Kopf. Beim Gang Neigung sich seitwärts fortzubewegen. Aufgeworfen stürzt das Tier vornüber zu Boden und kugelt auf demselben meist in der Richtung nach rechts dahin. Nystagmus beiderseits gleich.

Mikroskopischer Befund: Rechts Bindegewebswucherung, füllt die Ohrkapsel bis zum Anterior aus. Faserige Massen und einzelne Knorpelbälkchen an Stelle des extrahierten Bogenganges. Ampulle normal erhalten. Ebenso übrige Sinnenepithelien. Links Bindegewebswucherung mit Knochenneubildung an Extraktionsstelle. Auch im Innern des Bogenganges starke Knochenneubildung, sodass der Rest des extrahierten Kanales fest in Knochengewebe eingeschlossen ist. Ampulle auch hier gut erhalten.

III.

Versuch 9. Rechts Extraktion des Canalis externus und posterior. Ampulle des Posterior wird mit entfernt. 10 Tage nach der Operation neigt das Tier den Kopf für kurze Zeit nach rechts. Später nicht mehr. Weitere Labyrinthsymptome treten nicht auf. Tier später vollständig normal. Dekapitation nach 13 Wochen.

Mikroskopischer Befund: Wunde knöchern geschlossen. Architektur der Ohrkapsel normal. Die knöchernen Kanäle, soweit die häutigen entfernt sind, mit sehr feinfaserigem kernarmem Gewebe ausgefüllt. Dieses geht nach und nach in das perilymphatische Gewebe über und ist wohl durch Wucherung aus demselben entstanden. Der noch erhaltene Bogengangsrest anfangs kollabiert oder zusammengefaltet. Ampulle des Externus gut erhalten. Häutige Ampulle des Posterior fehlt, an ihrer Stelle knöcherne Ampulle mit gewuchertem perilymphatischem Gewebe ausgefüllt. Übriges Labyrinth normal.

Versuch 10. Rechts Extraktion des Canalis externus und posterior. Beide Ampullen bleiben zurück. Tier stets normal.

Mikroskopischer Befund: Wunde durch Bindegewebe mit einzelnen Knochenbälkchen verschlossen. Bindegewebiger Verschluss der Extraktionsstellen. Häutiger Bogengang eine Strecke weit zusammengefallen. Ampullen ohne pathologische Veränderung, ebenso übriges Labyrinth.

Versuch 11. Rechts Extraktion des Canalis posterior und externus. Ampulle des Externus entfernt. – Durch Anreissen des abnorm verlaufenden Sinus ziemlich starke Blutung, die mit glühender Nadel gestillt wird. — 3 Tage nach der Operation Beginn der Labyrinthsymptome, am 11. Tage Auftreten der Kopfverdrehung. — Tier magert stark ab. Nach 3 Wochen Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Grosser Defekt der Ohrkapselwand, der nur bindegewebig verschlossen ist. Lufträume durch gewuchertes Bindegewebe ausgefüllt. Dasselbe enthält in Resorption begriffene freie Blutmassen und zahlreiche Gefässe. Knochenneubildung ist nicht vorhanden. Knöchernes Labyrinth normal. An Stelle der extrahierten Bogengänge feinfaseriges Gewebe. Ampulle des Posterior fehlt, die des Externus in normalem Zustande erhalten. Ebenso die des Anterior und die Maculae und Papillae des übrigen Labyrinthes. — Nach links geht die Bindegewebswucherung über die Mittellinie bis in die Lufträume der linken Ohrkapsel. Linkes Labyrinth normal.

Versuch 12. Rechts Extraktion des Canalis posterior und externus. Ampulla posterior mit entfernt. Keine Symptome. Dekapitation nach 8 Tagen.

Mikroskopischer Befund: Lufträume des Knochens von neugebildetem Bindegewebe zum grossen Teile ausgefüllt. In demselben verzweigte Knochenbälkchen, besonders um die knöchernen Bogengänge. Stellenweise stärkere Rundzelleninfiltration, besonders um den Canalis externus. Derselbe ist durch Osteoklasten zum Teil lakunär erodiert. Inneres der Bogengänge, soweit die häutigen extrahiert sind, durch feinfaseriges Gewebe und Rundzellen gefüllt. Im perilymphatischen Raum der erhaltenen Kanäle mehr oder weniger starke Rundzellenanhäufung und Fibringerinnsel. Ebenso im Perilymphraum des gesamten häutigen Labyrinthes. Ampulle des Posterior fehlt, die Crista acustica des Externus mit Rundzellen bedeckt, zum Teil zerstört. Ebenso Ampulle des Anterior. Maculae und die Papillen der Schnecke durch Eiterung fast vollständig zerstört.

Versuch 13. Rechts Extraktion des Canalis posterior und externus. — Keinerlei Labyrinthsymptome. Nach 7 Wochen Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Ohrkapsel normal. Extrahierte Bogengänge zum Teil bindegewebig ausgefüllt. Keine Knochenneubildung. Ampullen normal erhalten. Übriges Labyrinth ohne Veränderung.

Versuch 14. Rechts Extraktion des Canalis posterior, externus und anterior. Ampullen bleiben zurück. Glatter Verlauf. Keine Symptome. Nach einem Monat Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Wunde durch breite Bindegewebsmassen verschlossen. Im Innern der Ohrkapsel keine Bindegewebs- und Knochenwucherungen. Extrahierte Bogengänge mit feinfaserigem Gewebe ausgefüllt. Ampullen ohne Veränderungen. Ebenso übriges Sinnesepithel.

IV.

Versuch 15. Beiderseits Extraktion des Canalis externus und posterior. Rechts Ampulle des Posterior mit entfernt. Links die drei Ampullen zurückgelassen. 4 Tage nach der Operation Auftreten der Labyrinthsymptome und der Kopfverdrehung nach links. Symptome bleiben sehr hochgradig bis zur Dekapitation nach 6 Wochen.

Mikroskopischer Befund: Rechts im Innern der Ohrkapsel neugebildetes Bindegewebe mit Knochenbälkchen. Knöcherne Bogengänge, soweit extrahiert, durch feinfaseriges Gewebe ausgefüllt, stellenweise auch dichteres Bindegewebe mit kleinen Knochenbälkchen. Trotzdem der Bogengang bis fast an die Ampulle extrahiert ist, erscheint letzteree normal. Die Crista acustica gut erhalten. Ampulle des hinteren Bogenganges fehlt, an ihrer Stelle feinfaseriges Gewebe. Sonst Ohrlabyrinth normal. — Links hochgradige Knochenbildung in Form von feinverzweigten Bälkchen im Innern der Ohrkapsel, besonders die Gegend der Ampullen einnehmend, sodass dieselben kaum zu differenzieren sind. Das häutige Labyrinth ist mit Ausnahme von Resten der Bogengänge vollständig zerstört. Auch von Utriculus und sacculus mit ihren maculae nichts deutliches zu erkennen. Die Schnecke erscheint normal erhalten.

Versuch 16. Beiderseits Extraktion des Canalis externus und posterior. Ampulle des Posterior beiderseits mit entfernt. Glatter Verlauf. — Zwei Tage nach der Operation Auftreten der Labyrinthsymptome, vom dritten Tage an Kopfverdrehung. Dieselbe bleibt anfallsweise bestehen bis zur Dekapitation nach vier Wochen.

Mikroskopischer Befund: Bindegewebiger Verschluss mit Verknöcherung der äusseren Wunde. An Stelle der Öffnung der knöchernen Bogengänge feinfaseriges Gewebe, in der Umgebung Neubildung von Knochenbälkchen. In weiter Entfernung die Bogengänge leer, nur in der Peripherie das feinfaserige perilymphatische Gewebe. Ebenso in der knöchernen Ampulle des Posterior. Ampulle des Externus gut erhalten mit schönem Sinnesepithel. Übriges häutiges Labyrinth normal. Maculae des utriculus und sacculus zeigen normalen Befund. — Die Veränderungen sind auf beiden Seiten gleich, irgend welcher Unterschied der Zerstörung ist nicht nachweisbar.

Versuch 17. Beiderseits Extraktion des Canalis posterior und externus. — Links Ampulle des Posterior mit entfernt. — 4 Tage später Auftreten der Kopfverdrehung, am Tage darauf morgens tot im Käfig.

Mikroskopischer Befund: Rechts Hohlräume der Ohrkapsel fast vollständig ausgefüllt, grösstenteils durch Bindegewebe, das myxomätosen Charakter zeigt, dabei massenhaft Knochenbälkchen. In einem Teil der Hohlräume findet sich homogenes Gerinnsel mit zahlreichen spaltförmigen Hohlräumen, die der Gestalt nach von Cholesterin-Krystallen eingenommen waren. Die Bindegewebs- und Knochenmassen füllen auch den Vorhof und die Bogengänge bis auf einen schmalen Spaltraum aus. Das Gewebe ist hier sehr blutreich. Der Spaltraum wird begrenzt durch eine rotgefärbte Membran, die als der Rest der häutigen Labyrinthwand aufzufassen ist. An der Membran stellenweise palisadenartig angeordnete Zellen. Bogengänge und Ampullen in diesen Knochen- und Bindegewebsmassen schwer zu erkennen. Sinnesepithel nirgends mehr nachweisbar. Sacculus ebenfalls zum Teil bindegewebig ausgefüllt. Schnecke mit Papilla basilaris und lagenae erhalten. — Der Befund ist beiderseits vollkommen gleich.

Versuch 18. Beiderseits Extraktion des Canalis posterior und externus. Ampulle des Posterior beiderseits mit entfernt. Vier Tage nach der Operation Kopf stark nach rückwärts gebeugt, Schnabel dabei etwas nach rechts gedreht. Später Rückwärtsbeugung oft so stark, dass das Tier hintenüber stürzt. Typische Kopfverdrehung tritt nie auf. — Dekapitation nach einem Monat.

Mikroskopischer Befund: Knöcherne Bogengänge durch feinfaseriges Gewebe zum Teil ausgefüllt. In demselben grössere oder kleinere Hohlräume. Keine Knochenneubildung. Ampulle des horizontalen Bogenganges gut erhalten. Häutige Ampulle des Canalis posterior fehlt

beiderseits. Knöcherne Ampulle mit Ausnahme von feinfaserigem Gewebe in der Peripherie leer. Canalis anterior mit seiner Ampulle normal. Ebenso Sinnesepithelien des übrigen Labyrinthes. Die Veränderungen sind beiderseits vollständig gleich.

Versuch 19. Beiderseits Extraktion des Canalis externus und posterior. Rechts glatter Verlauf, links bei Extraktion des Externus plötzlich starke Blutung aus Nackenmuskulatur, die durch Tamponade gestillt wird. Am 8. Tage Beginn der Kopfverdrehung nach links. — Nach $3^1/_2$ Wochen Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Rechts Ohrkapselhohlräume durch Bindegewebe, Fibringerinnsel und kleinzellige Infiltration ausgefüllt. Canalis externus bis zur Ampulle extrahiert, mit feinem Fasergewebe ausgefüllt. In Ampulle ebenfalls Gerinnselmassen. Crista acustica dabei ziemlich gut erhalten. Cupula nicht nachweisbar. — Dieselben Veränderungen am Canalis posterior. Anterior ohne wesentliche Veränderung. Sinnesepithel des sacculus und Utriculus nur schlecht erhalten. — Links reichliche Gerinnsel- und Rundzellenmassen in der Ohrkapsel. Starke Vereiterung des häutigen Labyrinthes. Ampulle des Anterior noch gut erhalten. Sonst die Sinnesepithelien des Labyrinthes zum grössten Teil zerstört. Die der Maculae mit Rundzellen bedeckt. — Schnecke ebenfalls eitrig infiltriert.

Versuch 20. Beiderseits Extraktion des Canalis posterior und externus. Ampullen bleiben zurück. — Keine deutlichen Labyrinthsymptome. — Nach einem Monat Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Rechts an der Eröffnungsstelle des Externus eine Bindegewebs- und Knochenmasse, die auch in das Innere der Ohrkapsel sich erstreckt. Sonst ist dieselbe frei und zeigt normale Struktur. Bogengänge mit feinfaserigem Gewebe ausgefüllt, das grössere Hohlräume frei lässt. — Ampullen der extrahierten Bogengänge gut erhalten. Ebenso die Maculae. — Links sind die Veränderungen analog, nur ist hier im Innern der Ohrkapsel keinerlei Knochenneubildung nachweisbar.

V.

Versuch 21. Rechts Zerstörung des Ohrlabyrinthes. Die Schnecke wird zurückgelassen. Keine Abnormitäten. — Am 6. Tage Auftreten der Kopfverdrehung und sonstiger Labyrinthsymptome. 12 Tage später höchstes Stadium. — Kopfverdrehung geht nach und nach zurück. Zum Schluss nur noch bei starker Erregung. Nach drei Monaten Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Operierte Seite des Schädels stark

eingesunken; bindegewebiger und zum Teil knöcherner Verschluss der Operationshöhle. Keine stärkere Gewebsneubildung im Innern der Ohrkapsel. Knöcherne Ampullen, soweit sie erhalten sind, mit feinfaserigem Gewebe ausgefüllt. Kein Sinnesepithel mehr vorhanden. Am Orte des Vestibulum findet sich eine rundliche Gewebsmasse, die aus markhaltigen Nervenfasern besteht, dazwischen zahlreiche prall gefüllte Gefässe. Einzelne hyalin erscheinende Kugeln in das Gewebe eingelagert. — Mit Ausnahme eines Stückes des Canalis anterior häutiges Labyrinth zerstört. Ganglion des Vestibularis nicht hochgradig verändert. Ganglienzellen zum Teil unregelmässig begrenzt und diffus tingiert. — Rest des Nerven zeigt mit sekundärer Osmierung noch vorhandene ziemlich gut erhaltene Markscheiden. Schnecke unverändert. — Linkes Labyrinth normal.

Versuch 22. Rechts Labyrinthzerstörung. Dabei ziemlich starke Blutung. — 10 Tage nach der Operation Auftreten der Kopfverdrehung und der anderen Labyrinthsymptome. Nach 6 Wochen Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Dicker bindegewebiger Abschluss mit einzelnen Knochenbälkchen. Vom Labyrinth nur die Ampulle des Canalis posterior noch erhalten. Sonst alle Sinnesepithelien zerstört. Hohlräume mit feinfaserigem Bindegewebe ausgefüllt. — Schnecke erhalten. — Linkes Labyrinth normal.

Versuch 23. Rechts Labyrinthzerstörung. Nach 10 Tagen beim Gehen und Fliegen Bogen nach rechts. Keine Andeutung von Kopfverdrehung. — Gang und Flug später wieder normal. Nach 1 Monat Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Dicke Bindegewebsmassen mit Knochenneubildung auch im Innern der Labyrinthkapsel. Das Labyrinth ist nicht vollständig zerstört. Der Vorhof und die Ampulle des Externus sind erhalten. Die mechanische Zerstörung reicht direkt bis zu der letzteren. Ihr Sinnesepithel ist ziemlich gut erhalten. Schnecke nicht zerstört. — Die Hohlräume des zerstörten Labyrinthes mit feinem Bindegewebe ausgefüllt. — Links Labyrinth normal.

VI.

Versuch 24[1]). Rechts Plombierung der drei Bogengänge. Nach der von Ewald angegebenen Methode mit Metallegierung. — Tier bleibt darauf vollständig normal. — 3 Monate nach der Operation

[1]) Die Plombierungen in Versuch 24 und 25 wurden von Herrn Dr. Plenge zu anderen Zwecken gemacht; derselbe überliess mir freundlicher Weise die Tiere zur weiteren Untersuchung.

Dekapitation. — Nach dem Entkalken werden die drei Bogengänge, soweit die Metallplomben reichen, herausgebrochen. Hierbei wird ein grosser Teil der Ohrkapsel natürlich entfernt.

Mikroskopischer Befund: Die Ampullen sind gut erhalten. Die Cristae und Maculae nicht pathologisch verändert.

Versuch 25. Rechts Plombierung der drei Bogengänge mit Metallegierung, wie bei V. 24. Keine Labyrinthsymptome. Nach 3 Monaten Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Ampullen auch hier gut erhalten.

Versuch 26. Rechts Plombierung der drei Bogengänge mit Guttapercha. — Im späteren Verlauf keine Abnormitäten bemerkbar. Dekapitation nach 4 Wochen.

Mikroskopischer Befund: Wunde der Ohrkapsel bindegewebig verschlossen. Die Bogengänge sind durch die Plomben vollständig verschlossen. Die Plombe erscheint als hyaline weisse Masse und ist umgeben von einem mit Osmiumsäure geschwärzten Ring, weiter nach aussen folgt Bindegewebe. An den knöchernen Bogengängen sind durch Apposition stellenweise neugebildete Knochenbälkchen eingelagert. Die Plombe erstreckt sich in grosser Ausdehnung durch die Bogengänge, in dem hinteren bis zur Ampulle. Die häutigen Bogengänge erscheinen vollständig komprimiert, ein Lumen ist nicht mehr vorhanden. Ampullen zeigen keine Veränderung. Sinnesepithel gut erhalten.

Versuch 27. Rechts Plombierung der drei Bogengänge mit Guttapercha. Am 6. Tage starke Labyrinthsymptome und Kopfverdrehung. Dekapitation nach 24 Tagen im Höhestadium der Verdrehung.

Mikroskopischer Befund: Bindegewebe, das zum Teil sehr gefässreich ist, füllt fast vollständig die Lufträume der Ohrkapsel aus. Einzelne Hohlräume mit Blutgerinnsel finden sich dazwischen. — Die Plomben füllen die Bogengänge vollständig aus. Der häutige Gang erscheint als zusammengepresster rötlicher Strang der Wand fest eingelagert. Die Plomben erstrecken sich nicht in so grosser Ausdehnung durch die Bogengänge wie bei V. 26. Um die plombierten Bogengänge Knochenneubildung in Form von feinen Bälkchen, die sich zum Teil weit in das umgebende Bindegewebe erstrecken. Die Cristae acusticae, sowie die übrigen Sinnesepithelien gut erhalten.

VII.

Versuch 28. Rechts Infektion mit Streptokokkeneiter durch Einbringung in den horizontalen Bogengang im vorderen Abschnitt

des grossen Kreuzes. Vom 4. Tage an Kopfverdrehung und starke Labyrinthsymptome. Tier fällt beim Versuch zum Gehen direkt nach rechts und stützt sich dann rasch mit dem Flügel, um nicht umzufallen. Bindet man den Flügel um den Körper fest, so rollt es nach rechts über den Boden. Dekapitation im höchsten Stadium der Symptome.

Mikroskopischer Befund: Bindegewebsschwarte mit eitrig gefüllten Hohlräumen an Stelle der Operationswunde. Lufträume der Ohrkapsel durch eitrig-fibrinöses Exsudat erfüllt. An einzelnen Stellen Bindegewebswucherungen. Im Lumen des Bogenganges Eiterzellen, besonders reichlich im Perilymphraum. Auch im Innern des häutigen Labyrinthes Rundzellen-Anhäufungen. Das Epithel der Crista acustica zum Teil zerstört und mit Rundzellen bedeckt. Ampullen des Canalis posterior und anterior enthalten einzelne Eiterkörperchen. Sinnesepithel nur unwesentlich verändert; ebenso Maculae mit ihren Otolithenmembranen ziemlich gut erhalten. Schnecke besonders in ihrem Anfangsteil eitrig durchsetzt; im Ganglion cochleare und im Ganglion vestibulare Rundzellenanhäufungen. Die fibrinös-eitrige Entzündung erstreckt sich etwas über die Mittellinie noch auf die andere Seite. Linkes Labyrinth normal.

Versuch 29. Infektion mit Streptokokkeneiter wie V. 28. Beginn der Labyrinthsymptome und Kopfverdrehung nach 4 Tagen. Am 9. Tage Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Ohrkapsel fast vollständig von Gewebe ausgefüllt. Es befinden sich in den Hohlräumen zahlreiche grosse in Resorption begriffene Blutschollen. Dieselben sind umgeben von zellreichem und mehr straffem Bindegewebe mit oft palisadenförmig angeordneten Fibroblasten. In dem Bindegewebe reichliche neugebildete Knochenbälkchen. Im Lumen des horizontalen Bogenganges faseriges Gerinnsel. Das Epithel der Crista acustica und der Macula des utriculus ist mit einer dicken Lage von Streptokokken bedeckt. Sonst häutiges Labyrinth normal.

Versuch 30. Infektion mit Staphylokokkeneiter. Tier vollständig normal, keine Labyrinthsymptome. Vier Wochen später Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Operationsstelle bindegewebig mit Einlagerung von reichlichen Knochenbälkchen, besonders in der Umgebung des Externus, verschlossen. Im Lumen der Ohrkapsel keine Bindegewebswucherung oder sonstige entzündliche Veränderung. Im Lumen des Kanals feinfaseriges Gewebe an Stelle der Eröffnung. Ampulle sowie übriges häutiges Labyrinth normal.

Betrachten wir nun zunächst zusammenfassend, welche anatomischen Veränderungen die verschiedenen mechanischen Eingriffe zur Folge hatten.

Was zunächst die Veränderung der knöchernen Ohrkapsel betrifft, so finden wir bei einer Reihe von Tieren, die kurze Zeit nach dem Eingriff getötet wurden, mehr oder weniger stark ausgedehnte Gerinnselmassen, weiter Bindegewebswucherungen und besonders auch neugebildete Knochenbälkchen, oft in sehr ausgedehntem Mafse. Es kann zu sehr starker Knochenentwicklung in verhältnismäfsig sehr kurzer Zeit kommen, sodass wir schon einige Tage nach der Operation ein dichtes Knochenmaschenwerk antreffen können. Offenbar hängt die Bildung dieser Gewebe ausser mit der Ausdehnung der mechanischen Zerstörung auch besonders mit der Grösse des Blutergusses, der in die Ohrkapsel stattgefunden hat, zusammen. Später kommt es dann offenbar oft wieder zu einer Resorption und Einschmelzung dieser Gewebe, sodass nach Verlauf von längerer Zeit die Ohrkapsel wieder die normale Architektur zeigt. Die Wunde der äusseren Wand wird zunächst bindegewebig, dann knöchern, geschlossen, und später ist die Stelle kaum mehr von der normalen Wand zu unterscheiden. Das knöcherne Labyrinth selbst bleibt bei diesen Vorgängen, soweit es nicht mechanisch verletzt ist, wenn keine eitrige Entzündung eintritt, unverändert. In dem neugebildeten Knochengewebe etc. sehen wir die Bogengänge und Ampullen in vollständig normalem Zustande eingebettet. An der Stelle der Eröffnung der Bogengänge ist es meist zu einer stärkeren Neubildung von Knochenbälkchen gekommen, die auch im Innern der Kanäle sich erstrecken kann. Das Lumen des knöchernen Bogenganges ist im übrigen von einer Gewebsmasse angefüllt, die teils den Charakter von straffem Bindegewebe zeigt, teils auch perilymphatischem Gewebe gleicht und in das letztere an den Stellen, die entfernter von dem Eingriff liegen, übergeht. Ist die häutige Ampulle mit extrahiert, so ist ihr Raum entweder mit denselben Gewebsmassen ausgefüllt oder es findet sich nur an der Peripherie feines perilymphatisches Gewebe, während der Haupthohlraum leer bleibt. Bei grösseren Zerstörungen und Zertrümmerungen kommt es meist zur ausgedehnten Bindegewebs- und Knocheneubildung, in dem Einzelheiten des Labyrinthes nicht mehr zu differenzieren sind.

Was nun das häutige Labyrinth betrifft, so finden wir als wichtigste Tatsache, dass es, soweit es nicht durch mechanische Eingriffe verändert ist, keine wesentlichen Veränderungen zeigt — abgesehen von

den Fällen mit Entzündung. Der häutige Bogengang ist in nächster Nähe der Zerstörung kollabiert, zeigt aber bald wieder normale Verhältnisse und keine pathologische Veränderungen. Am wichtigsten ist das Verhalten der Ampullen. Es zeigt sich nämlich, dass dieselben auf die groben Schädigungen, die ihren Kanal betroffen haben in keinerlei Weise reagierten. Das hochdifferenzierte Sinnesepithel mit den komplizierten Gebilden der Cupula bleibt sehr gut erhalten und wird offenbar nicht geschädigt. Es ist dies um so auffallender als bei den Versuchen keine exakten Durchschneidungen, sondern Extraktionen der Bogengänge vorgenommen wurden, wobei es doch zu bedeutenden Zerrungen kommen muss und die Ampullen ja direkt von ihren Gängen abgerissen werden. Es ist demnach offenbar dieser Eingriff in seiner Einwirkung einer einfachen exakten Durchschneidung gleich zu setzen. Besondere Erwähnung verdient noch der Befund bei den Plombierungsmethoden. Zunächst ist hervorzuheben, dass die Art der Plombierung mit Guttapercha vollständig ihren Zweck erfüllt und im Endresultat dem komplizierten Verfahren von Ewald, das eine genaue mikroskopische Untersuchung unmöglich macht, gleichkommt. Stets wird der häutige Kanal vollständig komprimiert und sein Lumen aufgehoben. Die Plombe findet sich im erhaltenen knöchernen Kanal, in der Umgebung, besonders an der Anbohrungsstelle ist es zur mäfsigen Neubildung von Knochenbälkchen gekommen. Die Ampulle mit ihrer Crista acustica bleibt hierbei vollständig normal. Dies ist sogar der Fall, wenn die Plombenmasse bis direkt zur Ampulle sich erstreckt, ja dieselbe noch erreicht. — Bei der ausgedehnten mechanischen Zerstörung des Labyrinths sind die Reste des häutigen nur schwer in der neugebildeten Gewebsmasse zu erkennen. Einmal findet sich in einem dem Vorhof entsprechenden Hohlraume ein Neurom, das vom Nervenstumpf seinen Ursprung genommen hat. Die Entstehung eines solchen ist insofern interessant, als neuerdings Lange ein analoges Gebilde bei einem Fall von menschlicher Labyrinthitis als Unikum beschrieben hat. Ausgedehntere Zerstörungen finden sich natürlich in den Fällen, in denen es zu einer Entzündung gekommen ist. Eine unbeabsichtigte Eiterung tritt nur selten ein und findet sich bei der Versuchserie nur in vier Fällen. Sekundär kommt es auch hier zu reichlicher Bindegewebs- und Knochenneubildung. Hierbei kann es auch zu einer Zerstörung des knöchernen Labyrinthes durch Osteoklasten kommen. Interessant ist in dem einen Falle von Streptokokkeninfektion die enorme Vermehrung der Kokken im Endolymphraum, ohne dass es dabei zur aus-

gedehnten Eiterung gekommen ist. Mit der Staphylokokkeninfektion konnte eine eitrige Entzündung nicht hervorgerufen werden.

Die anatomischen Untersuchungen haben als wichtigstes Resultat also folgendes ergeben:

Es gelingt gut die traumatische Einwirkung auf bestimmte Labyrinthteile zu beschränken. Nur wenn eine Entzündung hinzutritt, sind die Folgen der mechanischen Zerstörung nicht zu bestimmen. Eine spontane Entzündung tritt nur selten bei der Taube ein. Auch bei ausgedehntester Zerstörung der Bogengänge bleiben die dazu gehörigen Ampullen mit ihren Sinnesepithelien intakt.

Sgobbo kam, wie oben referiert, zu ganz entgegengesetzten Resultaten. Ich glaube, dass seine Untersuchungen wenig beweisend sind. Von seinen 13 Versuchen kommen überhaupt nur 10 in Betracht, da von 3 die mikroskopischen Präparate teilweise oder ganz verloren gegangen. Seine Operationsmethode war jedoch sehr unvollkommen und durchaus nicht exakt, wie er annimmt. Mehrmals gibt er an, dass wegen der Kleinheit des Objektes unbeabsichtigte Nebenverletzung von anderen Labyrinthteilen nicht zu vermeiden waren. Die Blutung war meist erheblich. In 2 Fällen konnte während der Operation überhaupt nicht festgestellt werden, was zerstört wurde, so sehr war das ganze Operationsgebiet von Blut überschwemmt. Es wurde offenbar öfters die Sinus verletzt. Ich glaube, dass man berechtigt ist, die Resultate seiner Untersuchungen auf diese Unexaktheit seiner Operationsmethoden zurückzuführen.

Wir kommen nun zur Beantwortung der zweiten Frage: Ist das Auftreten der Kopfverdrehung auf die Zerstörung bestimmter Teile des Labyrinths zurückzuführen? Was zunächst die Veränderung des knöchernen Ohrlabyrinths betrifft, so könnte man bei Betrachtung einer Reihe von Versuchen, so z. B. des vierten Plombierungsversuches, leicht zu dem Schlusse kommen, dass stärkere Bindegewebs- und besonders Knochenneubildung im Innern der Ohrkapsel in einem ursächlichen Zusammenhang mit der Kopfverdrehung stehen. Die Tatsache jedoch, dass in anderen Fällen mit Kopfverdrehungen diese Knochenneubildung sich nicht findet, zeigt, dass dies nicht der Fall ist. Dass die Zerstörung der Bogengänge selbst, auch der sämtlichen auf einer Seite, nicht die Verdrehung verursacht

geht mit Sicherheit aus den Versuchen hervor. Auch die Ampullen-Zerstörung verursacht meist keine wesentlichen Störungen und die Versuchstiere, bei denen die Ampullen mit extrahiert sind unterscheiden sich in keiner Weise von denen, bei welchen die Ampullen zurückgeblieben sind. Irgend welche auffallenden Ausfallsymptome treten nicht ein und wir müssen annehmen, dass die Funktion der Ampullen nach ihrer Entfernung leicht und ohne Störung von einem anderen Organ kompensiert wird, wenn wir überhaupt der Tätigkeit der Ampullen eine wichtige Rolle zuschreiben wollen. Nachdem wir so die Bogengänge mit ihren Ampullen für das Zustandekommen der Kopfverdrehung ausgeschaltet haben, kommen wir noch zu den Sinnesepithelien des Vorhofs. In den 10 Fällen von Kopfverdrehung in unserer Versuchsserie finden wir in 6 die Maculae zerstört. Andererseits finden wir in allen Fällen, bei denen die Kopfverdrehung nicht auftrat, die Maculae erhalten. Besonders auffallend ist dies bei V. 23. Hier ist bei einer sonst hochgradigen Labyrinthzerstörung der Vorhof mit seinen Maculae erhalten. Allerdings sind die 4 Fälle mit intakter Maculae ein schwer wiegender Einwand gegen die Annahme, dass der einseitige Ausfall der Tätigkeit der Maculae acusticae die Kopfverdrehung verursacht. Wir müssten hier zu Hypothesen greifen und könnten vielleicht annehmen, dass hier die Funktion schon zerstört ist, während morphologisch noch keine Veränderung nachweisbar ist. Natürlich würde bei einer solchen Betrachtungsweise der Wert einer anatomischen Untersuchung überhaupt nichtig. Wir werden deshalb von dieser Annahme abstehen und können nur sagen, dass die Kopfverdrehung sich am häufigsten bei ausgedehnten einseitigen Labyrinthzerstörungen findet, bei denen das Vestibulum mitergriffen ist; andererseits kommt sie aber auch in Fällen vor, bei denen die Zerstörung nur gering ist. In anatomischer Beziehung lassen sich diese Fälle nicht unterscheiden von ganz gleichartigen, bei denen keine Kopfverdrehung sich findet. Bei doppelseitigen Zerstörungen ist dies ebenfalls der Fall, wir sehen hier sogar die Verdrehung auftreten in Fällen, bei denen die anatomische Untersuchung eine vollständig symmetrische Zerstörung aufweist.

Wir kommen deshalb zu dem Schlusse, dass der Kopfverdrehung keine einheitliche anatomische Veränderung zu Grunde liegt und dass es deshalb unmöglich ist, die Verdrehung auf die Zerstörung eines bestimmten Labyrinthteiles zurückzuführen.

Diese Tatsache ist sehr auffallend und steht im Gegensatz zu den bisherigen Annahmen. Es ist schwer, eine Erklärung hierfür zu finden. Es müssen hier offenbar Verhältnisse mitspielen, die wir noch nicht kennen. Vielleicht spielen Reizzustände dabei doch eine grössere Rolle als wir bisher angenommen.

Über die Beteiligung des Kleinhirns an der Kopfverdrehung habe ich ebenfalls Untersuchungen angestellt. Die von einer Reihe von älteren Autoren gefundenen gröberen Veränderungen, wie Blutungen und Erweichungen, konnte ich nie nachweisen.

Bezüglich der feineren Veränderungen wie sie nach Extraktion der Bogengänge in Fällen mit Kopfverdrehungen von Stefani und Deganello gefunden wurden, habe ich eine besondere Versuchsreihe angestellt, über die schon an anderer Stelle berichtet ist. Es wurde mit der Nissl- und Marchi-Methode eine genauere Untersuchung vorgenommen. Es konnten hierbei keinerlei pathologische Veränderungen des Kleinhirns nachgewiesen werden.

Demnach ist es auszuschliessen, dass eine Veränderung des Kleinhirns die Kopfverdrehung verursacht.

Bemerkungen über den Einfluss der mechanischen Labyrinthzerstörung auf die Muskulatur.

Ewald hat bekanntlich das Verdienst, zuerst auf die Beeinflussung der Muskulatur durch das Labyrinth hingewiesen zu haben. Er unterscheidet am Ohrlabyrinth zwei Teile, das Hörlabyrinth und das Tonuslabyrinth. Das erstere wird durch die Schnecke, das letztere durch den Bogengangsapparat und den Otolithenapparat dargestellt. Er bezeichnet Störungen, welche im Gebrauch der quergestreiften Muskulatur nach Labyrinthzerstörungen auftreten, als einen Mangel des Ohrtonus. Welcher Art diese Störung ist, darüber kann er noch keine genaueren Angaben machen. Im wesentlichen zeigt sich die Störung als ein Mangel der Präzision. Er lässt es sogar offen, ob die eigentliche Störung in den Muskeln selbst oder in den Zentralteilen ihren Sitz hat. »Denn auch der Mangel an Kraft könnte ja auf einem zu schwachen Innervationsreiz beruhen.« Seiner Ansicht nach steht jedes Labyrinth mit jedem Muskel in Verbindung. »Jedes Labyrinth hängt vorzugsweise mit den Muskeln der gekreuzten Körperseite zusammen, welche

die Wirbelsäule und den Kopf bewegen (Nackenmuskulatur, Halsmuskulatur und namentlich die Wirbelmuskeln, welche vom Körper des unteren Wirbels zu den Querfortsätzen der oberen gehen). Bei den Muskeln der Extremitäten ist eine Teilung zwischen den Streckern und Abduktoren einerseits und den Beugern und Adduktoren andererseits vorhanden. Jedes Labyrinth ist mit dem ersteren der gleichen Körperteile und mit dem letzteren auf der gekreuzten Seite enger verbunden. Alle Augenmuskeln mit Ausnahme des M. rectus externus scheinen hauptsächlich von dem benachbarten Labyrinth abzuhängen.« Er hebt auch die Tatsache hervor, dass die doppelseitig operierten Tiere oft unter dem Symptom einer ausserordentlich starken Muskelatrophie zu Grunde gehen. Es handelt sich hierbei um eine sekundäre Erkrankung der Muskeln, welche sich zuweilen einstellt.

Ich habe nun zunächst Untersuchungen darüber angestellt, ob nach Labyrinthzerstörung morphologische Veränderungen der Muskulatur auftreten. Zunächst will ich hervorheben, dass ich die von Ewald beobachtete Muskelatrophie auch sehr oft auftreten sah und zwar nicht wie Ewald nur nach doppelseitiger Zerstörung, sondern auch nach einseitiger. Es trat diese Störung nur auf bei Tieren, die hochgradige Kopfverdrehung zeigten und die im Zusammenhang hiermit wenig Nahrung spontan aufnahmen. Im Gegensatz zu Ewald, der ja eine bedeutend grössere Erfahrung besitzt wie ich und angibt, dass eine Taube mit nur einem Labyrinth niemals künstlich gefüttert werden muss, habe ich bei meinem Material gefunden, dass manches Tier nur durch künstliche Ernährung länger am Leben zu halten war. Eben diese einseitig operierten Tiere zeigten dann auch die Muskelatrophie und zwar stets über die gesamte Muskulatur verbreitet, auf beiden Seiten gleich. Nie war festzustellen, dass die nach Ewald mit dem betreffenden Labyrinth im Zusammenhang stehenden Muskeln sich von den anderen des Tieres unterschieden. — Diese Tatsache ist meiner Meinung nach von Bedeutung und spricht dagegen, dass wir in der Atrophie eine spezifische, durch die Labyrinthzerstörung hervorgebrachte Erkrankung vor uns haben. Ich bin deshalb der Ansicht, dass wir in der Muskelatrophie nur eine Folge der mangelhaften Ernährung des Tieres erblicken dürfen und dass sie in keinem direkten Zusammenhang mit der Labyrinthzerstörung steht. Ewald schreibt ja selbst: »In späterer Zeit sah ich indessen die Tiere dauernd in bestem Ernährungszustande bleiben, und es ist

jedenfalls sicher, dass eine solche Muskelatrophie auch nach vollständiger Entfernung beider Labyrinthe ausbleiben kann«, meiner Ansicht nach eben, wenn es gelingt, durch künstliche Ernährung den Unter-Ernährungszustand des Tieres zu verhüten.

Zur mikroskopischen Untersuchung habe ich bei einer grossen Anzahl von Tauben mit Labyrinthsymptomen systematisch Stückchen aus den verschiedenen Muskelgruppen herausgeschnitten und entweder nach Celloidineinbettung oder einfach im Zupfpräparat untersucht. Ausserdem werden Quer- und Längsschnitte durch den Hals gemacht und nach Entkalkung ebenfalls untersucht. Auch von einzelnen Fröschen mit Labyrinthzerstörung wurden Muskeln im Zupfpräparat untersucht. Das Resultat der Untersuchung war, dass ich niemals eine sichere Veränderung der Muskulatur und besonders niemals Verschiedenheiten zwischen rechts und links nachweisen konnte. Die stark abgemagerten Tiere zeigten zwar oft Verschmälerungen und unregelmäfsige Begrenzung der Faser, Vorherrschen des interstitiellen Bindegewebes etc., dabei war aber stets die Querstreifung erhalten und nie eine Besonderheit der nach Ewald mit dem betreffenden Labyrinth in Zusammenhang stehenden Muskeln nachweisbar.

In zweiter Linie habe ich untersucht, ob Veränderungen der physiologischen Tätigkeit der Muskeln nach Labyrinthzerstörung nachzuweisen sind.

Es liegen hierüber bereits Versuche von Emanuel aus dem Ewaldschen Laboratorium vor. — Wenn man die Beine eines Frosches mit Hebeln verbindet, die durch Gewichte beschwert sind und diese Hebel erst in gehobener Stellung feststellt und dann plötzlich herabfallen lässt, so entsteht durch die Elastizität der Beinmuskulatur eine Kurve, welche Ewald »Zugkurve« nennt. Diese verläuft derart, dass sie zuerst die Abszisse überschreitet, dann umkehrt und in den weiteren Schwankungen nicht mehr bis zur Abszisse kommt, sondern über ihr eine Wellenlinie beschreibt. Diese Kurve wird »Tonuskurve« genannt. — Anders verhält sich die »Leichenkurve«, die entsteht, wenn man vorher Gehirn und Rückenmark herausgebohrt hat. Hier pendelt die Kurve regelmäfsig um die Abszisse, es handelt sich um reine Elastizitätsschwingungen. — Diese letztere Kurve entsteht auch, wenn man die Labyrinthe des Tieres entfernt. Ewald sah sie auch nach einseitiger Entfernung entstehen, Emanuel nur nach doppelseitiger. Sie kommt

zustande durch das Fehlen des Labyrinthtonus. Denselben Einfluss hat auch die Entfernung des Thalamus opticus.

Ich habe Versuche der gleichen Art vorgenommen. Es stand mir ein Trommelkymographion hierzu zur Verfügung. Die Versuchsanordnung war derart, dass durch einen einfachen, radiär an der Trommel befestigten Hebel die Unterstützung des mit dem Gewicht beschwerten Schreibhebels weggeschoben wurde, derselbe hierdurch herabfiel. So wird der Muskel plötzlich gedehnt und schreibt seine Kurve auf das Kymographion auf. Die Versuchsanordnung ist nicht absolut einwandsfrei, da im Momente des Herabfallens des Zeichenhebels infolge der Rundung der Trommel der Widerstand geringer ist als bei dem tiefen Stande des Hebels. — Mit dieser Anordnung habe ich von einer grossen Reihe von Fröschen, bei denen ich nach Schraders Methode die Labyrinthe entfernt hatte, im Vergleich mit normalen Zugkurven gewonnen. — Der labyrinthlose Frosch gab mir nun keineswegs mit Exaktheit die »Leichenkurve«. Man könnte einwenden, dass vielleicht das Labyrinth nicht vollständig entfernt worden wäre. Ich habe deshalb auch einfache Dekapitation vorgenommen, bei der sicher Labyrinth und Thalamus opticus entfernt wurde: trotzdem erhielt ich die Kurve nicht mit Sicherheit hierbei. Worauf dieser Unterschied der Resultate beruht, kann ich schwer bestimmen; jedenfalls war ja die Versuchsanordnung von Emanuel exakter, doch erwähnt er auch, dass er manchmal nicht die übliche »Leichenkurve« erhalten hat. Vielleicht beruhen meine Resultate nur auf der etwas anderen Versuchsanordnung, trotzdem wollte ich die Differenz meiner Untersuchungsresultate mit denen Emanuels nicht unerwähnt lassen.

Weiter habe ich auch Versuche über die einfache Zuckungskurve des Muskels labyrinthloser Frösche angestellt, um festzustellen, ob hierbei typische Unterschiede gegen die normale Zuckungskurve nachweisbar wären. Diese Versuche wurden mit einem Schussmyographion vorgenommen.[1]) Es wurde stets die Wadenmuskulatur verwandt. Die Versuchsanordnung war die bekannte; ich brauche darauf nicht näher einzugehen. Konstante Unterschiede der Latenzzeit, Hubhöhe, Nachschwingungen etc. gegenüber normalen Präparaten waren nicht nachzuweisen. Das Resultat war also, dass die Zuckungskurve des Muskels des labyrinthlosen Frosches keinerlei

[1]) Die Versuche wurden im physiologischen Institut mit Unterstützung des Herrn Dr. Plenge gemacht. Ich bin demselben, sowie dem Direktor des Institutes, Herrn Geh. Rat Kossel, deshalb zu grossem Dank verpflichtet.

typische Unterschiede gegen die Zuckungskurve des normalen Frosches zeigte

Diese Tatsache erscheint immerhin von Wichtigkeit, und die von Ewald offen gelassene Frage, ob der mangelhafte Ohrtonus auf Veränderungen der Muskulatur selbst oder ihres Zentrums beruht, wird deshalb mit grosser Wahrscheinlichkeit dahin zu beantworten sein, dass das letztere der Fall ist.

Das Wesen des Ohrtonus kennt Ewald zwar nicht, bei seinen Versuchen legt er aber stets grossen Wert auf die mangelhafte Kraft und Beweglichkeit der betreffenden Muskeln. Durch diese mangelhafte Kraft einzelner Muskelgruppen erklärt sich seiner Ansicht nach auf einfache mechanische Weise das Zustandekommen der oft komplizierten Stellungen und Bewegungen der einseitig labyrinthlosen Tiere.

Ich habe versucht, einzelne dieser Punkte durch das Experiment zu untersuchen, es liegt mir dabei natürlich fern, die von Ewald durch zahlreiche Experimente bewiesene Tatsache der durch Labyrinthzerstörung hervorgerufenen Muskelschwäche im allgemeinen bestreiten zu wollen.

Zunächst der Gang der einseitig labyrinthlosen Taube. Ewald deutet das Gehen im Kreise auf sehr einfache Weise: Nach der einseitigen Labyrinthexstirpation ist die Beweglichkeit der Beine eine verschiedene; das gekreuzte Bein macht stärkere Bewegung und grössere Schritte, hierdurch kommt auf einfache Weise die Kreisbewegung zu stande. Übrigens hat schon Böttcher auf diese einfache Weise die annormale Bewegung erklärt und hat sie sehr anschaulich mit der Bewegung eines Ruderbootes verglichen, auf dessen einer Seite stark und gleichmäfsig und auf der anderen schwach und unregelmäfsig gerudert wird, »das Resultat wird eine Kreisbewegung des Bootes sein«. Zunächst ist hervorzuheben, dass der Gang der einseitig labyrinthlosen Taube keineswegs ein regelmäfsig kreis- oder bogenförmiger ist. Die Bewegung ist vielmehr, wie auch die meisten Autoren angeben, viel unregelmäfsiger. Am häufigsten fand ich das Verhalten so, dass das Tier erst ein Stück gerade oder leicht im Bogen läuft, dann macht es plötzlich ein paar drehende Bewegungen, oft direkt auf der Stelle und läuft dann wieder im Bogen weiter, um nach einiger Zeit dasselbe Schauspiel zu wiederholen. Ich habe versucht, objektiv die Art des Ganges zu fixieren. Zur Untersuchung von Anomalien des menschlichen Fusses ist eine einfache Methode angegeben, um einen Abdruck des Fusses zu gewinnen: die Fusssohle wird mit einer Lösung

von Eisenchlorid bestrichen, dann der Fuss auf ein Papier aufgesetzt und dieses hierauf mit einer Tanninlösung überwischt. Es tritt dann ein schwarzer Abdruck des Fusses hervor. Diese Methode benutzte ich zu Untersuchungen über den Gang. Der Fuss der Taube wurde in die Lösung 1 getaucht, hierauf lässt man das Tier auf dem Fussboden über grosse Papiere laufen und fährt dann rasch die noch feuchte Fussspur mit Lösung 2 nach. Das Verfahren gelingt natürlich nicht immer, es ist sogar meist schwer, gute Abdrücke zu bekommen, da das Tier meist unruhig wird, Flugversuche macht, auf der Stelle herumtanzt etc. Eine ganz praktische Versuchsmethode ist die, dass man den Versuch in einem halbdunklen Zimmer anstellt, aus dem eine Türe in ein hellerleuchtetes Zimmer offen steht. Setzt man nun rasch die Taube auf das Papier und macht hinter ihr Lärm, so sucht sie in das Helle zu entfliehen und scheut sich dabei im Dunkeln aufzufliegen. — Ganz eigentümlich ist bekanntlich der Gang nach doppelseitiger Operation, besonders nach einfacher doppelseitiger Extraktion des Canalis externus. Die Taube bewegt sich dann einmal im Bogen nach rechts, dann nach links, oft schön regelmäfsig abwechselnd; sodass als Endresultat eine schlangen- oder zickzackförmige Linie zu stande kommt. Es ist meiner Meinung nach kaum möglich, einfach auf mechanische Art diese Art des Ganges zu erklären, man müsste dann annehmen, dass einmal die Kraft links und einmal rechts überwiegt; aber warum dies abwechselnd auftritt, ist unerklärlich, eine dauernde Beeinflussung der Muskulatur selbst ist deshalb doch kaum anzunehmen. Ich habe nun ein sehr einfaches Experiment vorgenommen, um die Richtigkeit der Annahme von Ewald zu prüfen, dass der bogenförmige Gang durch die stärkere Bewegung der gekreuzten Extremität hervorgerufen wird. Es wurde einfach einer Taube dieses Bein abgeschnitten. Die Tiere vertragen die Amputation sehr gut und hüpfen bald sehr vergnügt auf ihrem einen Bein herum, sodass man sie nach einiger Zeit nur schwer von anderen Tieren unterscheiden kann. (Vergl. Fig. 1.) Nachdem eine Zeit lang verstrichen und das Tier an seinen Zustand gewöhnt ist, zerstört man nun auf der entgegengesetzten Seite das Labyrinth.

Fig. 1.

Normales Labyrinth

Der Erfolg ist der, dass die Taube auch jetzt die Neigung hat, im Kreise nach der operierten Seite sich zu bewegen! (Vergl. Fig. 2.) Natürlich sind die Bewegungen ungeschickter, doch kann es hierbei zu schönen Kreisbewegungen kommen. Hiermit ist der Beweis gebracht, dass die Neigung, im Kreise herum zu gehen, nicht auf dem Überwiegen der gesunden Extremität beruht.

Fig. 2.

Nach einseitiger Labyrinthzerstörung

Eine weitere Eigentümlichkeit der einseitig labyrinthlosen Taube erklärt Ewald ebenfalls durch einfache Verschiedenheit der Kraft der Beine. Es ist dies eine von Curschmann zuerst beschriebene Erscheinung: setzt man eine Taube mit rechtsseitiger Labyrinthzerstörung auf den glatten Boden und sucht sie nun nach rechts oder nach links mit der Hand zu drängen, so zeigt sich ein auffallendes Symptom. Es gelingt nämlich kaum, das Tier nach der nicht operierten Seite zu drängen, beim Versuch hierzu stemmt die Taube sofort das linke Bein ein und lässt sich höchstens auf der glatten Fläche hinschieben. Beim Druck nach der operierten Seite dagegen wird der Körper sofort nach rechts gedrängt und die Taube wird nur durch raschen Schritt nach rechts vor dem Umfallen bewahrt. Wie fällt nun der Versuch aus, wenn die Taube nur ein rechtes Bein besitzt? Das Resultat ist stets dasselbe. Versucht man das Tier nach links, also der Seite, an der es kein Bein besitzt, zu drängen, so leistet sie dem Druck der Hand in dieser Richtung einen starken Widerstand und lässt sich wie das zweibeinige Tier höchstens auf der glatten Fläche hinschieben. Den Widerstand bewirkt das Tier dadurch, dass es sich nach rechts neigt und so das rechte Bein als Gegenstütze benutzt. Drängt man das Tier dagegen nach der rechten Seite, also der Seite mit dem Bein, so fällt es bei bei dem geringsten Druck sofort um. Hiermit ist der Beweis gebracht, dass der sog. Curschmannsche Versuch nicht, wie Ewald es annimmt, durch die stärkere Kraft der gekreuzten Extremität verursacht wird.

Ferner habe ich auch versucht, auf ähnlich experimentelle Weise die Ewaldsche Erklärung der Kopfverdrehung zu prüfen. Wie oben erwähnt, erklärt er diese äusserst komplizierte Bewegung ebenfalls auf einfach mechanische Weise. Er sagt: »Meiner Meinung nach wird der Kopf infolge der einseitigen Schwäche der Halsmuskulatur verdreht. Der Kopf folgt dem Zuge der Schwere und besonders dem Zuge der stärkeren Antagonisten, weil die geschädigten Muskeln zu schwach sind, um gegen diese Kräfte aufzukommen. Es bleibt deshalb die Kopfverdrehung aus, wenn man diese Kräfte, wenn auch nur wenig, abschwächt.« Dieser letzte Satz veranlasste mich zu folgendem Experiment. Ich versuchte bei Tauben die einseitige Halsmuskulatur möglichst vollständig zu exstirpieren. Die Operation ist natürlich sehr eingreifend und blutig und nicht jedes Tier übersteht sie. Nach Abscheren der Federn macht man vom Scheitel bis zum Rücken in der Medianlinie einen Hautschnitt; es lässt sich dann die Haut einfach abziehen, da sie nur sehr locker mit dem darunter liegenden Gewebe verbunden ist. Nun wird, von der Nackenmuskulatur beginnend, schichtweise die Muskulatur der einen Seite entfernt. Bei der Nackenmuskulatur und den oberflächlichen Schichten gelingt dies sehr leicht. Schwieriger ist es, bei der direkt der Wirbelsäule anliegenden Muskulatur. Es gelingt jedoch sehr leicht, die gesamten Halsgebilde weit ab zu ziehen und nun darunter zu präparieren. Eine vollständige Skelettierung ist natürlich nicht gut möglich, doch gelingt es wenigstens die Muskulatur zum grossen Teile zu entfernen. Es dauert längere Zeit, bis das Tier sich von dem Eingriff erholt hat, es sitzt dann meist ruhig mit etwas nach hinten geneigtem Kopfe da. Doch nimmt es bald wieder von selbst Nahrung zu sich und lässt sich nach einiger Zeit kaum mehr von einem normalen Tier unterscheiden. Man fühlt nur deutlich durch die Haut die Fortsätze der Wirbel und das Fehlen der Muskulatur. Macht man nun bei einem solchen Tiere auf derselben Seite eine Labyrinthzerstörung, so tritt ganz die typische Kopfverdrehung auf ohne irgend welche Besonderheiten. Wenn auch der Versuch nicht so beweisend ist, wie die vorhergehenden, da eine vollständige Entfernung der Muskulatur nicht möglich ist, so wird doch sicher auf diese Weise erreicht, dass die Antagonisten geschwächt sind, und dies soll nach Ewalds Angabe genügen, um die Kopfverdrehung zu verhindern. Ich glaube deshalb, dass wir nach dem Resultat dieses Versuches zu der Annahme berechtigt sind, dass die Kopfverdrehung der

Taube nicht einfach durch die einseitige Schwäche der Halsmuskulatur erklärt werden kann.

Das Resultat der vorliegenden Untersuchungen über die Muskulatur bei Tieren mit Labyrinthzerstörungen ist zusammengefasst folgendes:

1. Morphologisch lässt sich nach Labyrinthzerstörung keine bestimmte pathologische Veränderung der nach Ewalds Ansicht mit dem Labyrinth in Zusammenhang stehenden Muskeln nachweisen.
2. Physiologisch ist eine Besonderheit der Zuckungskurve dieser Muskeln im Vergleich mit der von anderen nicht nachweisbar.
3. Experimentell pathologisch lässt sich nachweisen, dass einige der eigenartigen Bewegungs- und Stellungsanomalien, wie der Gang, das Verhalten beim Stehen und die Kopfverdrehung nicht einfach durch einseitige Muskelschwäche zu erklären sind.

Literatur.

Aggazotti, A les mouvements réflexes que produisent les sons dans l'oreille externe des cobayes. Archives italiennes de biologie 1904.

G. Alexander u. H. Obersteiner, Das Verhalten des normalen Nervus cochlearis im meatus andit. internus, Zeitschr. f. Ohrenheilk., Bd. 55.

Autenrieth u. Kerner, Beobachtungen über die Funktionen einzelner Teile des Gehörs. Reils Arch., Bd. 9, S. 313, ref. in von Stein, l. c. S. 57.

Bloch, J., Über die Funktion der Halbzirkelkanäle, Dissert. Petersburg 1883, zit. nach von Stein, l. c,

Bockendahl, A., Über die Bewegungen des musc. tensor tympani nach Beobachtungen an Hunden. Arch. f. Ohrenheilk., Bd. 16, S. 240.

Boettcher. A., Über die Durchschneidung der Bogengänge des Gehörlabyrinths und die daran knüpfenden Hypothesen. Arch. f. Ohrenheilk., N. F., 3.

Brandis, Untersuchungen über das Gehirn der Vögel. Akustikusgruppe und Kleinhirn. Arch. f. mikroskop. Anat.. Bd. 43, S. 96 und 787.

Breuer, Studien über den Vestibularapparat. Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Math.-Nat. Klasse 112, 3.

Corradi, C., Über die funktionelle Wichtigkeit der Schnecke. Arch. f. Ohrenheilk., Bd. 32.

Curschmann, H., Über das Verhältnis der Halbzirkelkanäle des Ohrlabyrinths zum Körpergleichgewicht. Deutsche Klinik, Bd. 26.

Deganello, Exportations des canaux semicirculaires Dégen. consécut. dans le Bulbe et dans le cervelet. Archives italiennes de biologie, 1899, S. 189.

Denker. Die Otosklerose, Wiesbaden 1904.

Dreyfuss, Experiment. Beitrag zur Lehre von der nicht akustischen Funktion des Ohrlabyrinths. Pflügers Archiv 1904.

Emanuel, G., Über die Wirkung des Labyrinths und des Thalamus opticus auf die Zugkurve des Frosches. Pflügers Archiv, Bd. 99.

Esser, zit. nach von Stein, l. c. S. 657.

Ewald, Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des Nervus octavus. Wiesbaden 1892.

Ewald, Die Wirkung des Labyrinthtonus auf die Zugkurve des Muskels. Deutsche med. Wochenschr. 1894.

Flourens, Experiences sur les canaux semi-circulaires. Mem de l'Acad. 9 u. Compt. rend. Acad. siences 52.

Gellé, Etudes d'otologie T. II. 1388, zit. nach von Stein, l. c.

Goltz, Fr., Über die physiologische Bedeutung der Bogengänge des Ohrlabyrinths. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 3.

Habermann, Zur Pathologie der sog. Otosklerose. Arch. f. Ohrenheilk., Bd. 60.

Hasse, C., Der Bogenapparat der Vögel. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, Bd. 17.

Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen.

Hensen, Beobachtungen über die Tätigkeit des Trommelfellspanners bei Hund und Katze. Du Bois-Reymonds Arch. f. Physiol. 1878.

Herzog, Labyrintheiterung und Gehör. 1907.

Katz, Anatomischer Beitrag zur Frage der bei dem trockenen Mittelohrkatarrh (Sklerose?) vorkommenden Knochenerkrankungen des Schläfenbeins. Arch. f. Ohrenheilk, Bd. 53.

Lange, Beiträge zur patholog. Anatomie der vom Mittelohr ausgehenden Labyrinthentzündungen. Beitr. z. Anat. Physiol. Path. und Therapie des Ohres, Bd. 1.

Lewis, Origen of the ear vesicle in Amphibian embryos. Americ. journ. of Anat. T. VII.

Marx, Untersuchungen über Kleinhirnveränderungen nach Zerstörung der häutigen Bogengänge des Ohrlabyrinths. Pflügers Arch. f. Physiol., Bd. 120.

Marx, Bemerkungen zur Frage der sekundären Degeneration nach Zerstörung des Ohrlabyrinths. Zentralbl. f. Physiol., Bd. 22.

Matte, Experimenteller Beitrag zur Physiologie des Ohrlabyrinthes. Pflügers Arch. f. Physiol., Bd. 57.

Matte, Über die Frage nach dem Auftreten von sekundärer aufsteigender Degeneration im Stamme des Nervus acusticus etc. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 21.

Mayer, Zur Bedeutung des Schneckenfensters für den Übergang der Eiterung aus dem Mittelohr auf das Labyrinth. Zeitschr. f. Ohrenheilk., Bd. 55.

Nagel, Die Lage-, Bewegungs- und Widerstandsempfindungen. Handbuch der Physiologie, Bd. 3, S. 734.

Politzer, Lehrbuch der Ohrenheilkunde 1908.

Politzer, Über das anatom. Verhalten der Stapesplatte bei der Otosklerose. Verhandl. der Deutsch. otolog. Gesellschaft, Heidelberg 1908.

Pollak, J., Über die Funktion des musculus tensor tympani. Mediz. Jahrbücher, N. F., 1886.

Preyer, W., Die Seele des Kindes, 1890.
Retzius, Das Gehörorgan der Wirbeltiere. 1884.
Rothmann, Hörprüfung an dressierten Hunden. Arch. f. Anatomie und Physiol., 1908.
Ruttin, Zur Frage der Extasie des Ductus cochlearis. Verhandlungen der Deutsch. otolog. Gesellschaft, Heidelberg 1908.
Schlarewsky, Kleinhirn und Bogengänge der Vögel. Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaft in Göttingen. Ref. in von Steinl. c.
Schrader, Zur Physiologie des Froschgehirns. Pflügers Archiv f. Physiologie Bd. 41.
Sgobbo, Ricerche sperimentale ed istolog. sui canali semicircolari. Archivio italiano di Otologia etc. Vol. XIV.
Siebenmann, Über multiple Spongiosierung der Labyrinthkapsel. Zeitschr. f. Ohrenheilk., Bd. 34.
Siebenmann und Yoshii, Präparate von zirkumskripter Labyrinthitis. Verhandl. der Deutsch. otolog. Gesellsch. 1908.
Spamer, Experimenteller und kritischer Beitrag zur Physiologie der halbkreisförmigen Kanäle. Pflügers Archiv f. Physiologie 1880.
Spemann, Über embryonale Transplantation. Verhandlg. d. Ges. deut. Naturforscher u. Ärzte 1908.
Steeter, Some factors in the development of the Amphibian ear vesicle etc. The journal of exper. Zoölogy Vol IV.
Steeter, Some experiments on the developing ear vesicle of the tadpole etc. The journal of exper. Zoölogy Vol. III.
Stefani, Sur la fonction non acoustique ou fonction d'orientation du labyrinthe de l'oreille. Archives italiennes de biologie 1903.
v. Stein, Die Lehre von den Funktionen der einzelnen Teile des Ohrlabyrinths. Jena 1894.
Steiner, Der Menièresche Schwindel und die halbzirkelförmigen Kanäle. Deutsche med. Wochenschr. 1889.
Stern, W., Die Literatur über die nicht akustische Funktion des inneren Ohres. Arch. f. Ohrenheilk. Bd. 39.
Stepanow, Experimenteller Beitrag über die Funktion der Schnecke. Monatschrift f. Ohrenheilk. 88.
Wallenberg, Die sek. Akustikusbahn der Taube. Anat. Anzeiger Bd. 14.
Wallenberg, Über zentrale Endstätten des Nervus octavus der Taube. Anat. Anzeiger Bd. 17.
Wittmaack, Zur histo-pathol. Untersuchung des Gehörorganes. Archiv für Ohrenheilk. Bd. 51.
Wittmaack, Über Markscheidendarstellung und den Nachweis von Markhüllen der Ganglienzellen des Akustikus. Arch. f. Ohrenheilk. Bd. 59.
Wundt, Ist der Hörnerv direkt durch Tonschwingungen erregbar. Philosoph. Studien Bd. VIII.
Wundt, Akustische Versuche an einer labyrinthlosen Taube. Philosoph. Studien Bd. XX.

B. Über Schädigungen des Gehörorganes durch Strahlenwirkung.

I. Versuche mit Radiumstrahlen.

Seitdem man die Einwirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf die tierischen Gewebe kennen gelernt hat, hat man wohl an sämtlichen Organen der höheren Tiere die biologischen Veränderungen studiert, die diese Strahlen hervorrufen. Genauere experimentelle und histologische Untersuchungen wurden vorgenommen, sodass wir von der zerstörenden Wirkung auf die Gewebe jetzt ein klareres Bild bekommen haben.

Auch auf das Gehörorgan hat man die Strahlen schon einwirken lassen.

Ewald[1]) hat derartige Versuche vorgenommen und darüber bei der Tagung der physiologischen Gesellschaft in Marburg berichtet. Er brachte Tauben mehrere Stunden lang kleine Glaskügelchen mit Radium in die Ohrkapsel. Einige Tage später sah er dann typische Labyrinthsymptome auftreten, besonders die sog. Kopfverdrehung. Er vermutet, dass diese Symptome durch eine lähmende Wirkung auf die seiner Ansicht nach flimmernden Sinnesepithelien des Vestibularapparates hervorgebracht werden. Über ausführlichere Untersuchungen berichtet er nichts. Eine anatomische Untersuchung wurde nicht vorgenommen.

Ich habe nun eine grössere Versuchsreihe vorgenommen, besonders um durch nachträgliche histologische Untersuchung festzustellen, ob durch die Radiumbestrahlung morphologische Veränderungen des Ohrlabyrinthes hervorgerufen werden und welcher Art diese sind.

Zu den Versuchen stand mir eine Glaskapillare mit 4 mg Radiumbromid zur Verfügung, die Herr Professor Bettmann die Freundlichkeit hatte, mir für meine Versuche zu überlassen. Ich bin ihm deshalb zu grossem Danke verpflichtet. Eine genaue Aichung des Radiums hat nicht stattgefunden, die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass es bei seiner Anwendung beim Menschen stets sehr starke Wirkungen hervorbringt.

Als Versuchstiere verwandte ich Tauben und Meerschweinchen. Bei den Tauben wurde im vorderen unteren Quadranten des grossen

[1]) Ewald, Die Wirkung des Radiumbromids auf das Labyrinth. Zentralblatt f. Physiologie 1905 Nr. 10.

Kreuzes eine Öffnung in die Ohrkapsel gemacht und die Radiumkapillare direkt auf das sog. Foramen communicans aufgesetzt. Die Taube ist dabei im Taubenhalter fixiert und bleibt stets sehr ruhig, sodass irgend welche Vorsichtsmafsregeln nicht zu beobachten sind. Die Tiere bleiben so $^1/_2$—2 Stunden; damit die Gewebe nicht austrocknen, bedeckt man die Wunde mit in physiologischer Kochsalzlösung getränkter Watte. Nach Entfernung der Kapillare wird die Wunde durch Hautnaht geschlossen. Sie heilt stets reaktionslos und das Tier verhält sich nach dem Eingriffe vollständig normal.

Bei dem Meerschweinchen wird eine breite Öffnung des Mittelohrraumes durch Eingehen durch die sog. vordere Nebenhöhle hervorgebracht. Auf diese Weise liegt die ins Mittelohr frei hineinragende Schnecke frei und man setzt die Radiumkapillare direkt derselben auf. Sie wird daselbst eine Stunde gelassen und hierauf die Hautwunde vor der Ohrmuschel durch Naht geschlossen. Da die Meerschweinchen sehr unruhig sind, tut man gut, sie während der ganzen Prozedur in leicht narkotisiertem Zustande zu halten.

Ich gehe nun zur Beschreibung der einzelnen Versuche über, bei den ersten gebe ich ein genaueres Versuchsprotokoll, bei den späteren werden die Symptome nur kurz erwähnt, um Wiederholungen zu vermeiden. Bei den Bestrahlungen an Meerschweinchen traten mit Ausnahme eines Falles keine Abnormitäten im Verhalten der Tiere auf. Der Ohrmuschelreflex wurde stets mit der kontinuierlichen Tonreihe kontrolliert. Eine typische Veränderung wurde nicht gefunden, ich sehe deshalb von der Wiedergabe dieser Untersuchungen ab.

Versuche an der Taube.

Versuch I. 22. IV. 07. Radiumbestrahlung rechts eine Stunde lang. Operation ohne wesentliche Blutung. Tier darnach vollständig normal.

1. X. Bis jetzt keine Abnormitäten bemerkt. Schüttelt in der letzten Zeit oft mit dem Kopfe.

2. X. Taube hat eine Art Anfall; sie fällt plötzlich nach vorne auf die Brust, kann sich nur schwer wieder aufrichten (Fig. 1); dann rennt sie rasch nach vorne, sodass sie gegen die Wand des Käfigs anstösst. Aus dem Käfig genommen, läuft sie normal weg. In Fuss-Schnabellage

kein deutlicher Unterschied des Flügelschlages. In die Luft geworfen fliegt sie etwas ungeschickt in leichtem Bogen nach rechts.

4. X. Sitzt ruhig mit etwas aufgeblasenen Federn da, keine Anfälle mehr bemerkt.

9. X. Wieder die Anfälle, dazwischen vollständig normal. Kopf wird gerade gehalten.

15. X Kopf jetzt etwas nach rechts geneigt.

21. X. Heute zum erstenmal »typische Kopfverdrehung«. Läuft im Bogen nach rechts, doch auch gerade aus, dreht sich dabei oft plötzlich mehrmals rechts herum. Wenn sie aufgescheucht wird, plötzlich Kopfverdrehung bis zum höchsten Grad. Seitlich gestossen fällt sie beim geringsten Stoss nach rechts um, nach links lässt sie sich wegschieben. Ein Unterschied der Kraft der Beine ist nicht festzustellen. In Fuss-Schnabellage stärkeres Schlagen des linken Flügels. An den Beinen aufgehängt beim Flügelschlag rasches Drehen nach links. Fliegt nicht spontan. In die Luft geworfen, fliegt sie wild in Bogen nach rechts und fährt mit grosser Gewalt gegen die Wand oder den Boden. Fressen und Trinken gut, braucht nicht künstlich ernährt zu werden. Kopfnystagmus mit und ohne Kappe bei Drehung nach beiden Seiten ungefähr gleich, doch Beobachtung erschwert, da sofort starke Kopfverdrehung eintritt. Jetzt fast dauernd starke Kopfverdrehung.

5. XI. Symptome noch alle vorhanden, sehr häufig Anfälle mit Kopfverdrehung.

20. XI. Symptome gehen zurück, Anfälle mit Kopfverdrehung seltener. Kopf wird dabei nicht mehr auf den Boden gelegt.

25. XI. Taube läuft jetzt normal, doch fällt sie noch leicht nach rechts um. Flügelschlag beiderseits gleich. An den Beinen aufgehängt keine Drehung mehr. Kopfverdrehung geht noch weiter zurück.

27. XI. Nur in starker Erregung Labyrinthsymptome bemerkbar.

2. XII. Taube macht wieder vollständig normalen Eindruck, Kopf manchmal noch etwas nach rechts geneigt. Dekapitation. (2 Monate nach Auftreten der ersten Symptome.) Fixierung und Härtung in 96 % Alkohol. Zelloidinserienschnitte in frontaler Richtung.

Mikroskopischer Befund: Die Operationswunde in der Ohrkapsel ist vollständig knöchern geschlossen. Der Schädel erscheint an der Operationsstelle wie eingesunken. Die Struktur des neugebildeten

Knochens ist die des normalen. Im Inneren der Labyrinthkapsel die normalen Knochenbälkchen, nirgends Knochenneubildung, keine Bindegewebswucherungen. Trommelfell, Columella und übriges Mittelohr ohne Abnormitäten. Knöchernes Labyrinth normal, auch an den knöchernen Ampullen keine Knochenverdickungen oder sonstige Veränderungen, ebenso die Gegend des Foramen communcans, der das Radiumröhrchen auflag, normal.

Häutiges Labyrinth (vergl. Taf. IV u. V): Bogengänge ohne Abnormität, Epithel sehr flach, kaum sichtbar, nur am konvexen Rand etwas höher. Im perilymphatischen Raum das typische feine Fasergerüst und Blutgefässe, keine Hämorrhagien. Im Innern des Canalis posterior stellenweise feinste mit Fuchsin rosa tingierte Eiweissgerinnselchen. Crista acustica posterior: in ihrer äusseren Form ist die Crista vollständig erhalten, doch scheint bei schwacher Vergrösserung der Bindegewebsstock, der die Crista bildet, vollständig nackt, epithellos in die Ampulle hinein zu ragen. Bei stärkerer Vergrösserung zeigt sie sich seitlich von flachen unregelmässig von einander abgegrenzten Zellen bedeckt, die nach der Basis zu deutlicher werden. Auf der Kuppe sieht man einen feinsten doppeltkonturierten Saum, stellenweise fehlt auch dieser. Einzelne rot tingierte Körnchen und Kügelchen sind hier und da aufgelagert. Epithel der Plica semilunaris erhalten, doch bedeutend niedriger als normal, besonders der mediale Wulst ist nur angedeutet als leichte circumscripte Verdickung des Epithels. Bindegewebsstock der Crista vollständig normal, keine Zellvermehrung oder Infiltration. Gefässe ohne Besonderheiten, keine Hämorrhagien. Crista acustica externa: Äussere Form normal. An Stelle des Sinnesepithels bedeckt die Crista ein schmaler undifferenzierter Saum. Dieser erscheint dunkler gefärbt, einzelne Kerne finden sich in demselben, selten auch kleine Hohlräume von rundlicher Gestalt. Nach der Basis zu sind einzelne flache Zellen zu erkennen. Auf der Kuppe findet sich diesem Saum ein kleines faseriges rosa tingiertes Gebilde in Form eines Fädchens aufgelagert. Bindegewebsstock, Gefässe etc. normal. Crista acustica anterior: Auch hier äussere Form normal, an der Basis flacher Epithelsaum, auf der Kuppe an einer Stelle eine Gruppe rötlich tingierter hyalin erscheinender kleinster Kugeln. Etwas entfernt von der Oberfläche der Crista findet sich eine grössere Masse teils von körnigem und krümeligem Charakter, teils aber deutlich feinfaserig, analog der Beschaffenheit der normalen Cupula. Utriculus und Sacculus zeigen normale Form. An der Macula utriculi findet sich an Stelle des Sinnesepithels ein feiner

Saum mit einzelnen Kernen. Im Inneren des Utriculus ohne Zusammenhang mit der Wand liegt die Otolithenplatte mit den feinen gut erhaltenen Otolithen, der innere fädige Teil fehlt. Die Macula sacculi zeigt ebenfalls nur einen feinen Saum von niedrigen undeutlichen Zellgebilden. Die Otolithenmembran liegt frei in normalem Zustande im Lumen des Sacculus. Analog ist die Macula neglecta verändert.

Die Nervenfasern der Maculae und Cristae acusticae sind im Vergleich zu normalen Präparaten an Zahl nicht verringert, ihre Form ist gut erhalten. Stärkere Auftreibungen oder Einschnürungen sind nicht vorhanden. Ebenso zeigt der Stamm des Vestibularis keine deutlichen Veränderungen. Eine Markscheidenfärbung wurde, da es sich um ein Alkoholpräparat handelt, nicht vorgenommen.

Das Ganglion vestibulare enthält Ganglionzellen in der normalen Zahl. Ihre Form ist regelmäfsig, gut erhalten. Die Kerne bläschenförmig, gleichmäfsig rund, im Protoplasmaleib mit der Thioninfärbung einzelne Nisslschollen differenzierbar, doch nicht sehr deutlich.

Die Cochlea ist in ihrer Gestalt gut erhalten. Die Papilla basilaris lässt deutlich ihre verschiedenen Bestandteile erkennen. Die feinen Haarzellen sind gut erhalten, die Membrana tectoria liegt ihnen überall fest auf. Ebenso zeigt die Basalmembran und das Tegmentum vasculosum normale Verhältnisse. Die Papilla lagenae ist unverändert. Die Otolithenmembran liegt ihr fest auf. Die Ganglionzellen des Ganglion cochleare sind in normaler Zahl vorhanden. Ihre Form ist regelmäfsig, der Kern ohne Besonderheiten Ebenso ist der Nervus cochlearis nicht pathologisch verändert.

Die Medulla oblongata und das Cerebellum geben normalen Befund. Die Purkinje-Zellen sind gut fixiert, in ihrer Form erhalten. Mit der Protoplasmafärbung lassen sich die normalen Nisslschollen differenzieren.

Das linke unbestrahlte Labyrinth zeigt in jeder Beziehung normale Verhältnisse. Die Cupulae sind gut konserviert und sitzen, durch den normalen Zwischenraum getrennt, den Haarzellen auf. Die Membranae tectoriae der Maculae sind sehr gut in ihrer normalen Lage konserviert.

Versuch II. 16. IV. 07. Rechts Radiumbestrahlung $^1/_2$ Stunde. Operation ohne Besonderheiten.

18. X. Bis jetzt nichts Abnormes bemerkbar. Heute neigt das Tier beim Fressen den Kopf etwas auf die rechte Seite. Sonst keine Symptome.

20. X. In Ruhe ist an dem Tiere nichts Abnormes zu bemerken. Scheucht man es auf, so verdreht es plötzlich den Kopf typisch nach rechts bis zur Berührung des Schädels mit dem Boden. (Fig, 6.) Beim Gehen oft rasches Umdrehen rechtsum. Fliegt nicht spontan auf, in die Höhe geworfen, fliegt sie im Bogen nach rechts und kommt auf den Boden. Es gelingt ihr hier auf die Füsse zu kommen, ohne umzufallen. An den Beinen aufgehängt, kein deutlicher Unterschied des Flügelschlages rechts und links. Ebenso kein deutlicher Unterschied der Kraft beider Beine. Nystagmus ohne Kappe stark ausgeprägt, nach beiden Seiten gleich, mit Kappe bei Drehung nur ganz geringer Nystagmus. — Dekapitation. Behandlung des Präparates nach Wittmaack.

Mikroskopischer Befund: Operationswunde der Ohrkapsel knöchern verheilt, sodass Schädelform vollständig normal erscheint. An circumscripter Stelle durch Knochenapposition und Bindegewebe Verdickung der Schädelwand. Struktur der Ohrkapsel ohne wesentliche Veränderung, ein dünner Bindegewebsstrang zieht vom Knie des horizontalen Bogenganges medialwärts durch den sonst freien Hohlraum. Mittelohr ohne Besonderheiten. Das knöcherne Labyrinth in seiner Form und Struktur ohne pathologische Veränderung.

Häutiges Labyrinth: Bogengänge normal, Endothel stellenweise artifiziell abgelöst, peri- und endolymphatischer Raum ohne Gerinnselbildung. Crista acustisa posterior: Die Form ist gut erhalten, das Bindegewebsgerüst von normaler Beschaffenheit, Blutgefässe ohne Veränderungen, teils leer, teils strotzend gefüllt. Nahe der Basis findet sich zylindrisches Epithel, das weiter nach oben aufhört, an einzelnen Stellen noch Andeutung von Zellen, sonst aber Crista vollständig ohne epitheliale Bedeckung. Einzelne feine krümliche Massen der Kuppe aufgelagert. Plica semilunaris niedriger als normal, Epithel sonst gut erhalten. Crista acustica externa: An der dem Utriculus zugewandten Fläche und lateral an der Basis ist die Crista bedeckt mit niedrigem Epithel. Zellen von unregelmäfsiger Form, einzelne Vakuolen. Auf der Kuppe krümlige Detritusmassen. Crista acustica anterior: Die in ihrer Form normale Crista ist vollständig mit einem niedrigen Epithel bedeckt. Die Zellen sind schwer von einander abgrenzbar, einzelne Vakuolen in denselben. An der medialen Seite überragen den Epithelsaum einzelne kurze borstenartige

Härchen, die meist mit einer kugeligen Verdickung von hyalinem, stark lichtbrechendem Aussehen dem Epithel aufsitzen. An der Basis wird das Epithel mehrschichtig zylinderisch fast normal. Plica semilunaris niedriger als normal. Macula utriculi: Das Epithel besteht aus niedrig geschichteten Zellen in unregelmäfsiger Anordnung. Zellformen schwer zu erkennen. Kern nicht immer nachweisbar, oft unregelmäfsig geformt. Einzelne Vakuolen. Macula sacculi: Epithel niedriger als normal, doch in regelmäfsiger Lage vorhanden, bedeckt mit einer dünnen Otolithenmembran. Macula neglecta: niedriger als normal. Nervus vestibularis und seine Verzweigungen zeigen keine Abnormitäten. Bei der Weigertfärbung und der sekundären Osmierung tritt gute Markscheidenfärbung ein. Die Zellen des Ganglion vestibulare sind an Zahl nicht vermindert, sie erscheinen geschrumpft und haben sich meist diffus mit Hämatoxylin tingiert. Die Cochlea zeigt keinerlei Abnormitäten. Die Zellen des Ganglion cochleare sind ebenfalls etwas geschrumpft, doch weniger als die des Ganglion vestibulare.

Das linke Labyrinth ist nicht pathologisch verändert. Die Cupulae sind durch die Konservierung zerstört. Die Cristae sind mit einem Saum von kurzen Haaren bedeckt, sodass das Bild vollständig dem eines Flimmerepithels gleicht. In den Membranae tectoriae sind deutliche Otolithen nicht nachweisbar. Die Ganglienzellen des Ganglion vestibularae sind wie rechts geschrumpft.

Kleinhirn und Medulla oblongata normal.

Versuch III: 19. IV. 1907. Radiumbestrahlung rechts eine Stunde lang.

10. IX. Beginn des Auftretens der Labyrinthsymptome. (Fig. 3.)

12. IX. Starke Kopfverdrehung bis zum höchsten Grad.

20. IX. Kopfverdrehung und übrige Labyrinthsymptome noch hochgradig vorhanden. Dekapitation. Behandlung nach Wittmaack.

Mikroskopischer Befund: Operationswunde knöchern geschlossen. Knöchernes Labyrinth ohne Besonderheiten. Häutige Bogengänge unverändert. Crista acustica posterior: An Stelle des Sinnesepithels feinster Saum mit einzelnen Kernen und Vakuolen. Reste der Cupula frei im Innern der Ampulle. Plica semilunaris gut erhalten, Epithel etwas niedriger als normal. Crista acustica externa: An der Basis niedriges mehrschichtiges Epithel, sonst nur feiner Saum, in dem längliche hyaline Schollen und einzelne Kerne zu

erkennen sind. Sonst Crista normal. Crista acustica anterior: An der Basis und medial, etwa bis zur halben Höhe reichend, niedriges Epithel, im übrigen kein Epithel, nur schmaler undifferenzierter Streifen. Der Spitze etwas seitlich anliegend ein Rest der Cupula. Mediale Plica semilunaris nur durch einen niedrigen Epithelwulst vertreten, Epithel der lateralen etwas höher. Macula utriculi: Mehrschichtiges niedriges Epithel, aus kleinen unregelmäfsigen Zellen bestehend. Membrana tectoria abgelöst mit gut erhaltenen Otolithen. Macula sacculi: Ganz flacher Epithelsaum mit hyalinen Kugeln und Vakuolen. Membrana tectoria teilweise anhaftend, schöne Otolithen, die zum Teil frei im Lumen des Sacculus liegen. Macula neglecta: Flacher Saum mit einzelnen kernartigen Gebilden. Stamm des Nervus vestibularis ohne deutliche pathologische Veränderungen. Ebenso die Verzweigungen in der Crista externa und anterior. Die Nervenäste in der Crista posterior zeigen bei sekundärer Osmierung nahe der Spitze einzelne kolbige Anschwellungen und rundliche Schollen, auch im zuführenden Nervenaste finden sich vereinzelte Anschwellungen, im übrigen erscheint der Nerv normal.

Ganglienzellen des Ganglion vestibulare sind zum Teil unregelmäfsig geformt und geschrumpft.

Cochlea mit ihren Papillen ohne pathologische Veränderung, ebenso Nerv und Ganglion.

Das linke Ohrlabyrinth zeigt normale Verhältnisse. Die Cupulae sind ziemlich gut konserviert. Die Ganglienzellen des Ganglion vestibulare auch hier geschrumpft.

Medulla und Kleinhirn ohne Besonderheiten.

Versuch IV. Zwei Stunden Radiumbestrahlung. Tier bleibt vollständig normal bis 6 Monate nach der Operation. Dann plötzlich starke Kopfverdrehung und andere Labyrinthsymptome. (Fig. 4.) Die Symptome gehen nach und nach zurück, doch besteht die Kopfverdrehung anfallsweise noch bis zum dritten Tage vor der Dekapitation. 17 Tage nach Auftreten der ersten Symptome Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Knöchernes Labyrinth ohne Veränderung. Crista acustica posterior auf der Kuppe vollständig epithellos, seitlich ist eine flache Zellschicht vorhanden. Ebenso Crista acustica posterior. Die Crista acustica anterior noch mit schmalem Epithelsaum bedeckt, seitlich sind die Zellen etwas höher.

Macula utriculi fast vollständig epithellos, nur an einer kleinen Stelle ist ein niedriger Epithelwulst noch zu erkennen. Macula sacculi vollständig epithellos. Nerv ohne Besonderheiten.

Cochlea normal.

Versuch V. Zwei Stunden Radiumbestrahlung. Nichts Abnormes bis über 7 Monate nach der Operation bemerkbar. Von da an neigt das Tier den Kopf etwas nach rechts (Fig. 2), beim Flug beschreibt es grossen Bogen nach rechts. Sonst keine Abnormitäten. 3 Wochen später, also fast 8 Monate nach der Operation, zum erstenmal deutliche Kopfverdrehung und andere Labyrinthsymptome. Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Knöchernes Labyrinth unverändert, ebenso häutige Bogengänge. Crista a. posterior auf der Kuppe epithellos, sonst mit flachem unregelmäfsigem Epithelsaum bedeckt. Crista a. externa mit regelmäfsigem flachem bis kubischem Epithel bedeckt, keine Sinneshaare vorhanden. Crista a. anterior mit regelmäfsigem niedrigem Epithel bedeckt. Zellen zeigen keine sekundäre Veränderung. Macula utriculi trägt unregelmäfsiges Epithel ohne besonderen Charakter, niedriger als normal. Rest der Membrana tectoria frei im Utriculus. Macula sacculi ebenfalls durch niedrige Epithelleiste gebildet, die von einem Rest der Membrana tectoria bedeckt ist. Die Nervenfasern sind in der Crista externa etwas spärlicher als links, zeigen ausgedehnte Einschnürungen; sonst Nerv normal. Cochlea ohne pathologischen Befund.

Linkes Labyrinth normal.

Versuch VI. Rechts zwei Stunden Radiumbestrahlung. Nach 6 Monaten Auftreten der Labyrinthsymptome. Starke Kopfverdrehung, die fast dauernd vorhanden ist. Die Labyrinthsymptome gehen im Laufe der Zeit etwas zurück, doch bleibt die Kopfverdrehung bei Erregung bis zum höchsten Grade bestehen. 6 Monate nach Auftreten der Labyrinthsymptome, also 1 Jahr nach der Bestrahlung, Dekapitation.

Mikroskopischer Befund.: Knöchernes Labyrinth normal. Crista a. posterior vollständig epithellos, ebenso Crista a. externa, Crista a. anterior mit niedrigem strukturlosem Saum bedeckt. Macula utriculi und sacculi ohne Sinnesepithel; nur schmaler unregelmäfsiger Saum. Rest der Membranae tectoriae frei im Lumen. Nervenfasern (Alkoholpräparat) und Ganglionzellen ohne deutliche Veränderung. Cochlea intakt.

Linkes Labyrinth normal.

Versuch VII. Radiumbestrahlung eine Stunde lang. Dekapitation nach 5 Monaten. Keine Kopfverdrehung bis dahin aufgetreten. Kopf etwas nach rechts geneigt. Beim Flug grosser Bogen nach rechts. An den Füssen aufgehängt, und in Fuss-Schnabellage links stärkerer Flügelschlag. Kein Unterschied der Kraft der Beine nachweisbar. Nystagmus auf beiden Seiten gleich.

Mikroskopischer Befund: Crista a. posterior von niedrigen atypischen Zellen bedeckt, die zerfallene Cupula ist aufgelagert. Crista a. externa mit ganz flachem Saum von unregelmäfsigen Zellen bedeckt. Crista a. anterior nicht deutlich pathologisch verändert. Macula utriculi enthält etwas niedrigeres Epithel als normal, sonst keine Veränderungen. Macula sacculi ohne deutliche Veränderungen. Cochlea normal.

Versuch VIII. Eine Stunde Radiumbestrahlung. Keine deutlichen Labyrinthsymptome bis 6 Monate. Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Crista a. externa auf der Kuppe ohne Sinnesepithel, seitlich niedriges Epithel. Cupula frei in der Ampulle. Crista a. posterior zeigt keine stärkeren pathologischen Veränderungen, nur Epithel etwas niedriger als normal. Crista a. anterior ohne pathologische Veränderung, Epithel von normaler Höhe. Macula utriculi besitzt regelmäfsiges kubisches Epithel. Zellformen gut erhalten, keine Degenerationsprodukte. Otolithenmembran liegt der Epithelschicht auf. Macula sacculi zeigt Epithel, das etwas niedriger ist als normal, sonst nichts Abnormes. Der Nerv zeigt auch in seinen Verzweigungen und der Crista horizontalis gute Markscheidenfärbung. Hier nur einzelne unbedeutende Einschnürungen. Cochlea nicht verändert.

Linkes Labyrinth normal. Sinnesepithel von normaler Höhe.

Versuch IX. Eine Stunde Radiumbestrahlung. Keine Labyrinthsymptome durch $5^1/_2$ Monate. Dann Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Crista a. externa: auf der Kuppe statt des hohen Sinnesepithels niedriger Epithelsaum. Seitliches Epithel etwas höher. Bindegewebsstock und Gefässe normal. Crista a. posterior zeigt denselben Befund. Das Sinnesepithel der Crista a. anterior ist vollständig normal und unterscheidet sich in nichts von dem der linken Seite. Macula utriculi: Epithel niedriger als normal, sonst keine Veränderungen. Macula sacculi zeigt keine pathologischen Veränderungen.

Versuch X. Eine Stunde Radiumbestrahlung. Dekapitation nach 4 Monaten. Keine Symptome bis dahin.

Mikroskopischer Befund: Crista a. externa besitzt ein regelmäfsiges Epithel, das jedoch deutlich niedriger als das der linken Seite ist. Ebenso Epithel der Maculae utriculi und sacculi, sonst keine Veränderungen des Epithels. Crista a. posterior und anterior zeigt keine Abweichung gegen die Norm. Cochlea normal.

Versuch XI. Eine Stunde Radiumbestrahlung. Keine Abnormitäten durch 3 Monate, dann Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Ohrkapselwunde knöchern verschlossen; im Innern keine Gewebswucherungen. Häutiges Labyrinth zeigt keine pathologischen Veränderungen. Cristae und Maculae acusticae gut erhalten, Cupulae gut konserviert.

Versuch XII. Radiumbestrahlung eine halbe Stunde. Keine Symptome durch 3 Monate, dann Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Bindegewebiger und knöcherner Verschluss der Wunde. Knöchernes Labyrinth normal. Häutiges Labyrinth zeigt keine Veränderungen, schön konservierte Sinnesepithelien.

Versuch XIII. Radiumbestrahlung eine Stunde lang. Dekapitation nach einem Monat. Keinerlei Symptome.

Mikroskopischer Befund: Dicker bindegewebiger Abschluss der Ohrkapselwunde. Im Inneren keine Gewebswucherungen, keine Infiltration. Knöchernes und häutiges Labyrinth vollständig normal.

Versuch XIV. Zwei Stunden Radiumbestrahlung. Dekapitation nach einem Monat. Keine Symptome.

Mikroskopischer Befund: Bindegewebiger Verschluss der Wunde. Keine Zeichen von Entzündung. Knöchernes und häutiges Labyrinth normal. Sinnesepithelien gut erhalten.

Versuch XV. Eine Stunde Radiumbestrahlung. Nach 14 Tagen Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Operationswunde bindegewebig geschlossen. In Resorption begriffene Blutmassen in den Lufträumen der Ohrkapsel. Knöchernes Labyrinth normal, ebenso häutiges Labyrinth nicht verändert. Sinnesepithelien überall gut erhalten.

Versuche am Meerschweinchen.

Versuch 1. Eine Stunde Radiumbestrahlung. Glatter Verlauf. Keine Symptome. 6 Monate nach der Operation Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Schnecke in ihrer Form gut erhalten. Keinerlei Entzündungserscheinungen. Das Cortische Organ der untersten Windung ist normal; in der zweiten Windung erscheint es wie aufgebläht, die einzelnen Zellen sind durch Zwischenräume von einander getrennt. Weiter nach oben besteht eine starke Zerstörung des Cortischen Organes. (Fig. 4.) Zunächst findet sich eine noch stärkere Aufblähung, die Zellen erscheinen fast fadenförmig und sind in ihren typischen Formen nicht zu erkennen. Weiter wird das Organ nur durch einen schmalen niedrigen Epithelhügel dargestellt; in der Spitze ist es vollständig zerstört. Seine Stelle ist leer, die Basalmembran ist überhaupt ohne jeden Zellbelag.

Der Nervus cochlearis ist stark verändert. In der obersten Windung lassen sich mit sekundärer Osmierung nur einzelne Reste und Schollen von Markscheiden erkennen. Weiter nach der Basis zu werden die Fasern reichlicher, doch besteht auch hier noch ein stärkerer Zerfall. In der Basalwindung ist die Zahl der Fasern eine normale, dieselben zeigen nur leichtere unregelmäfsige Anschwellungen. — Das Ganglion spirale der obersten Windung ist stark verändert. Normale Ganglienzellen sind nicht mehr nachweisbar, es findet sich ein feinmaschiges Gewebe mit einzelnen unregelmäfsig geformten stark atrophischen Zellen und Zellresten. Weiter basalwärts werden die Zellen zahlreicher und erscheinen besser erhalten. In der ersten Windung wird das Ganglion von normalen Zellen, die an Zahl nicht vermindert sind, gebildet. Vestibularapparat ohne Veränderung.

Linkes Ohrlabyrinth normal.

Versuch 2. Eine Stunde lang Radiumbestrahlung. Keine Abnormitäten nachweisbar. $4^1/_2$ Monate später Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Schnecke in ihrer Architektur nicht verändert. — Das Cortische Organ ist zum grossen Teile stark pathologisch verändert. (Fig. 3.) Am ausgedehntesten ist seine Zerstörung im Anfange der dritten Windung, hier fehlt es vollständig, seine Stelle ist leer. Weiter nach oben findet sich ein ganz flacher Hügel von unregelmäfsig geformten Zellen und strukturlosen Massen an seiner Stelle, ebenso weiter basalwärts. Im Anfange der zweiten Windung erscheint es stark verquollen und zum Teil zerfallen. In der Basalwindung keine stärkere pathologische Veränderung mehr nachweisbar.

Nervus cochlearis hochgradig degeneriert. Mit Markscheidenfärbung lassen sich in der Lamina spiralis in der obersten Windung überhaupt keine markhaltigen Fasern mehr nachweisen. Nur einzelne

Krümel und Schollen sind vorhanden. Weiter basalwärts werden die Fasern reichlicher, doch zeigen sie starke Verschmälerung, Einkerbungen und teilweise noch stärkeren Zerfall der Markscheide. Die Fasern der Basalwindung sind nicht stärker verändert, es finden sich hier nur rosenkranzähnliche Einschnürungen. Ganglion cochleare der obersten Windung ist hochgradig degeneriert, enthält keine normalen Zellen mehr. Weiter basalwärts ist es besser erhalten. In der ersten Windung ist eine Abweichung von der Norm nicht mehr nachweisbar.

Versuch 3. Eine Stunde Radiumbestrahlung. Ohne Besonderheiten. Nach 6 Monaten Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Struktur der Schnecke erhalten. Das Cortische Organ der dritten Windung degeneriert Im Anfange der Windung ist von einer Papilla basilaris überhaupt nichts nachweisbar, es finden sich nur einzelne rundliche Kugeln an seiner Stelle. Weiter nach oben wird das Organ durch einen flachen Zellhaufen ohne besondere Struktur dargestellt. Direkt an der Spitze ist das Organ gut erhalten. Ebenso finden sich in den basalen Windungen keine Veränderungen, das Organ zeigt hier normalen Befund und ist gut konserviert. Der Nervus cochlearis zeigt bei Markscheidenfärbung einen hochgradigen Schwund im Bereich der degenerierten Zone. Es sind nur einzelne feinste Fäserchen und Schollen vorhanden. An der Basis ist der Nerv nicht deutlich verändert. Das Ganglion spirale enthält am Anfange der dritten Windung nur stark veränderte und zum Teil zerfallene Ganglienzellen in geringer Anzahl. Dieselben sind in ein faseriges Gewebe eingelagert. In den intakten Windungen erscheint das Organ nicht wesentlich verändert.

Versuch 4. Radiumbestrahlung eine Stunde lang. Heilung per primam. Tier zeigt 4 Monate lang keine Abnormitäten, dann tritt plötzlich ein Anfall bei dem Tiere auf. Es dreht sich mit dem Vorderkörper stark nach rechts, zeitweise läuft es auch rechts im Kreise herum. Starker Kopfnystagmus, Kopf tritt hierbei nicht vollständig in die Mittellinie zurück, vielmehr bleibt die Sagittalachse etwas nach rechts gedreht. Sehr hochgradiger horizontaler Nystagmus beider Augen. Der Ausschlag erfolgt nach beiden Seiten ungefähr gleich schnell, eine bestimmte Richtung des Nystagmus ist deshalb nicht nachzuweisen. Die Geschwindigkeit schwankt etwas, durchschnittlich etwa 200 Schläge in der Minute. Die Symptome wurden spät abends beobachtet und hielten zirka eine halbe Stunde lang an. Am anderen Morgen zeigte das Tier keine Erscheinungen mehr. Im weiteren Verlauf wurden keine Anfälle

mehr bemerkt, doch konnte aus äusseren Gründen das Tier nicht dauernd beobachtet werden, es ist deshalb möglich, dass unbemerkt noch Anfälle aufgetreten sind. Der Kopf wird vollständig normal gehalten, das Tier benimmt sich ganz wie ein normales. Bei Drehungen nach beiden Seiten Kopfnystagmus gleich. 11 Tage später Kopf etwas nach rechts geneigt, Schnauze dabei nach links von der Mittellinie abweichend. Diese Kopfverdrehung wird sehr deutlich, wenn man das Tier an den Hinterbeinen hochhebt. Es dreht sich dann spiralig in seiner Längsachse links herum, der Kopf wird hochgradig, in analoger Weise wie bei der Taube mit Labyrinthschädigung, verdreht. Dieses Symptom bleibt dauernd bestehen, geht nur an Intensität etwas zurück. Drehnystagmus stets vorhanden und nach beiden Seiten gleich. Dekapitation einen Monat nach Auftreten der Labyrinthsymptome.

Mikroskopischer Befund: Das knöcherne Labyrinth zeigt normales Verhalten. Das Cortische Organ ohne sichere pathologische Veränderung. Es ist im Bereich der ganzen Schnecke etwas gequollen, doch findet sich dieselbe Veränderung auf der anderen Seite. Sie ist deshalb als Kunstprodukt anzusehen. Ganglion cochleare nicht verändert. Die Verzweigungen des Nervus cochlearis zeigen bei Markscheidenfärbung in der zweiten und dritten Windung leichten scholligen Zerfall, sonst erscheint der Nerv normal.

Vestibularisorgan: Die Bogengänge sind unverändert. Die Crista a. externa (Fig. 2) in ihrer Form gut erhalten, keine Rundzelleninfiltration etc. Das Sinnesepithel fehlt vollständig. Es findet sich nur ein schmaler doppeltkonturierter Saum, der einzelne Hohlräume enthält, an der Oberfläche der Crista. Der Kuppe der Crista sitzt die gut konservierte und erhaltene Cupula auf, durch einen schmalen Zwischenraum getrennt. Die Nervenfasern scheinen etwas spärlicher als rechts und zeigen einzelne Einschnürungen. Die Crista a. anterior zeigt ganz analoge Veränderung. Auch hier fehlt das Sinnesepithel vollständig. Die Cupula liegt frei im Inneren der Ampulle. Die Crista a. posterior ist ohne pathologische Veränderung, ihr Sinnesepithel ist gut erhalten. Ebenso Macula utriculi und sacculi ohne pathologische Veränderung.

Linkes Labyrinth normal. (Fig. 1.)

Versuch 5. Eine Stunde Radiumbestrahlung. Dekapitation nach 5 Monaten.

Mikroskopischer Befund: Die Spitze der Schnecke wird von einer Bindegewebs- und Knochenmasse eingenommen. Es zeigt sich, dass die knöcherne Wand direkt an der Spitze etwas eingebrochen ist.

Im übrigen ist die Architektur der Schnecke normal. Das Cortische Organ ist im Bereich der ganzen Schnecke, besonders in den oberen Windungen, stark verändert. An Stelle der normalen Papille findet sich ein flacher Hügel von unregelmäfsigen Zellen, dem die Membrana tectoria aufgelagert ist. Die Verzweigungen des Cochlearis zeigen bei Markscheidenfärbung nahe der Spitze einen starken Faserausfall. Im übrigen starke kolbige Anschwellungen. Das Ganglion cochleare ist in den oberen Windungen degeneriert, sonst gut erhalten.

Das Vestibularis-Organ zeigt normale Verhältnisse. Links Labyrinth normal. Nerv zeigt Andeutungen von kolbigen Anschwellungen.

Versuch 6. Eine Stunde Radiumbestrahlung. Tier normal. Dekapitation nach 3 Monaten.

Mikroskopischer Befund: Beiderseits Schnecke vollständig gleich. Cortisches Organ gut erhalten, ohne pathologische Veränderung.

Versuch 7. Eine Stunde Radiumbestrahlung. Keine Symptome. $2^1/_2$ Monate später Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Labyrinth beiderseits vollständig gleich; keine pathologischen Veränderungen.

Versuch 8. Eine Stunde Radiumbestrahlung. Nach 14 Tagen Dekapitation.

Mikroskopischer Befund: Im Mittelohr in Resorption begriffene Blutmassen. Labyrinth normal.

Betrachten wir nun im Zusammenhang die Resultate der beiden Versuchsreihen.

Was zunächst die Art der anatomischen Veränderungen betrifft, so müssen wir diese als eine einfache Atrophie bezeichnen. Bei der Taube betrifft sie die Sinnesepithelien des Vestibularisorganes. Wir können hier die verschiedenen Stadien der Atrophie untersuchen. Das Epithel wird zunächst niedriger, die Zellen bleiben dabei in ihrer Form gut erhalten. Später sind einzelne Zellformen nicht mehr zu erkennen, die Crista wird nur von einem niedrigen undifferenzierten Saume bedeckt. Einzelne Zellkerne und Vakuolen finden sich darin. Auch dieser Saum schwindet dann, und zwar zuerst auf der Höhe der Crista, deren Bindegewebsstock erscheint dann vollständig epithellos und nackt. Die Cupula wird abgestossen, bleibt aber meist erhalten und liegt frei im Lumen der Ampulle. Die Veränderung des Nerven ist, wenn überhaupt eine solche besteht, nur sehr gering. An den Ganglienzellen ist eine sichere Veränderung nicht zu finden.

Sonstige Veränderungen, so Rundzelleninfiltrate, stärkere Gefässfüllungen, Blutungen etc., wie wir sie an anderen Organen nach Radiumbestrahlung auftreten sehen, fehlen vollständig. Die Sinnesepithelien der Maculae acusticae gehen auf analoge Weise durch einfache Atrophie zu Grunde.

Die Schnecke zeigt keinerlei Veränderung ihrer Sinnesepithelien.

Wir kommen also zu dem Schlusse, dass durch die Radiumbestrahlung bei der Taube eine isolierte einfache Atrophie der Sinnesepithelien, der Maculae und Cristae hervorgebracht wird.

Bei dem Meerschweinchen findet sich ebenfalls eine einfache Atrophie, und zwar hier in erster Linie des Cortischen Organes. Sie kann soweit gehen, dass von der Papilla basilaris überhaupt nichts mehr nachweisbar ist, dieselbe fehlt einfach, ihre Stelle ist leer. Die Degeneration des Organes ist meist umschrieben, die Spitze der Schnecke zeigt die stärkste Atrophie. Stets finden wir hierbei auch eine hochgradige Degeneration der dazu gehörigen Nervenfasern und des Ganglion spirale. Die bei Versuch 5 gefundene Knochenveränderung der Schnecke ist sicher nicht auf die Radiumbestrahlung, sondern auf die mechanische Einwirkung der Glaskapillare zurückzuführen. Der Versuch ist deshalb unrein.

Nur bei Versuch 4 findet sich eine Veränderung der Endorgane des Vestibularis. Es handelt sich um eine totale Atrophie des Sinnesepithels der Crista acustica externa und anterior. Die Crista acustica posterior, sowie die Macula utriculi und sacculi sind unverändert.

Es fragt sich nun, wie die Verschiedenheit der Versuchsresultate bei der Taube und bei dem Meerschweinchen zu erklären ist. Man könnte vielleicht denken, dass ein bestimmter Unterschied der Sinnesepithelien bei den verschiedenen Tierarten besteht, vielleicht abhängig von der Wichtigkeit ihrer Funktion. So hat bei der Taube wohl das Vestibularis-Sinnesorgan, beim Meerschwein das Cochlearis-Sinnesorgan eine wichtigere Funktion. Ich glaube, dass diese Annahme sicher unrichtig wäre, und dass die Verschiedenheit der Resultate viel einfacher zu erklären ist. Sie beruht einfach auf den topographischen Verhältnissen und der geringen Entfernungswirkung der Strahlen. Beim Meerschwein wurde die Radiumkapillare der Schneckenspitze direkt aufgesetzt. Dieser Teil degenerierte auch am stärksten. Nur bei einem Tiere findet sich die Schnecke nicht deutlich verändert, dagegen die Sinnesepithelien des Vestibularis zum Teil total atrophisch.

Ich glaube, dass hier die Kapillare nicht ganz am beabsichtigten Orte sass, vielmehr etwas nach hinten abgerutscht war. Dies konnte bei der Unruhe des Versuchstieres leicht vorkommen. Auch die isolierte Degeneration in der äusseren und vorderen Ampulle spricht hierfür. Die tiefer — also von der Radiumkapillare entfernter — gelegene Ampulla posterior, sowie der Sacculus und Utriculus blieben unbeschädigt. Durch die einfachen anatomischen Verhältnisse lässt sich vielleicht der Unterschied der nachgewiesenen anatomischen Veränderungen gegenüber denen erklären, die durch Radiumbestrahlung in einem ähnlichen Sinnesepithel entstehen, nämlich der Retina. Hier werden nach den Untersuchungen von Birsch-Hirschfeld[1]) u. a. die Stäbchen und Zapfen meist nicht verändert, während Ganglienzellen und Nervenfaserschichte die stärksten Veränderungen zeigen. Hier sind eben die Verhältnisse gerade umgekehrt wie beim Gehörorgan, das Sinnesepithel ist seiner stärkeren Entfernung wegen den Strahlen weniger ausgesetzt. Ausserdem kommt hier wohl noch in Betracht, dass die Sinnesepithelien bei Auge und Ohr in funktioneller Beziehung verschiedene Gebilde sind. Diese sind für sehr kleine und jene für grosse Schwingungen abgestimmt, sodass auch vielleicht hierdurch eine verschiedene Empfindlichkeit gegen die Radiumstrahlen zu erklären ist. Auch sonst ist ja bekannt, dass die verschiedenen Epithelarten verschieden stark auf die Radiumstrahlen reagieren.

Dass die Wirkung auf die Sinnesepithelien eine rein elektive ist, geht daraus hervor, dass andere Epithelien, die der Strahlenwirkung genau so ausgesetzt sind, nicht verändert erscheinen. Dies trifft besonders für das Epithel der Zotten des Tegmentum vasculosum im obersten Abschnitte bei der Taube zu. Dieselben liegen direkt über der Macula sacculi und sind so den Strahlen noch mehr ausgesetzt als die letztere.

Noch ein Punkt bedarf der besonderen Betrachtung, nämlich die enorm lange Latenzzeit.

Bei der Taube traten die Symptome im Mittel nach 6 Monaten auf. Man darf die Latenzzeit der Radiumwirkung nicht dieser ganzen Zeit gleich setzen, denn es können ja schon anatomische Veränderungen bestehen, ohne dass sie Symptome machen. So finden wir bei Versuch 7 und 8 schon Degeneration einzelner Cristae, während im Verhalten des Tieres nichts Abnormes nachweisbar war. Diese Tatsache spricht auch dafür, dass wir nicht einfach in der Zerstörung der Sinnes-

[1]) Birsch-Hirschfeld, Die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf das Auge. Graefes Arch. Bd. 59.

epithelien der Cristae die Ursache der Kopfverdrehung erblicken dürfen. Die Verhältnisse sind sicher hier viel komplizierter. Um den Zeitpunkt der eintretenden Degeneration festzustellen, wurden die vergleichenden Versuche vorgenommen und die Versuchstiere in verschiedenen Zeiträumen getötet. Diese Untersuchungen zeigen, dass erst nach einer Latenzzeit von mehreren Monaten eine Veränderung des Epithels eintritt, vorher zeigt dasselbe normale Beschaffenheit. Eine so lange Latenzzeit ist an anderen Geweben und Organen nie beobachtet worden, und es ist schwer eine Erklärung dafür zu finden. Nach den Untersuchungen von Werner[1]) u. a. ist die Latenzzeit von der Bestrahlungsdauer anhängig, sie ist derselben ungefähr umgekehrt proportional. In unseren Fällen hat die Bestrahlungsdauer keinen Einfluss gehabt, wir finden sogar, dass nach einer halbstündigen Bestrahlung die Wirkung rascher eingetreten ist als nach einer längeren. Dies ist wohl so zu erklären, dass schon bei der kürzesten von uns angewandten Bestrahlungszeit das Maximum der Wirkung hervorgebracht wird; eine längere Bestrahlung konnte deshalb auf die Latenzzeit keine Einwirkung mehr vorbringen. Die geringen Verschiedenheiten der Latenzzeit in unseren Fällen sind wohl einmal auf das verschiedene Alter der Versuchstiere zu beziehen, dann wird wohl auch die Radiumkapillare bei den verschiedenen Versuchen nicht stets in derselben Entfernung eingewirkt haben.

Bei den Ewaldschen Versuchen war, wie oben referiert, die Latenzzeit eine viel kürzere. Eine Erklärung für diesen Unterschied gegenüber meinen Resultaten kann ich nicht geben (stärkeres Radiumpräparat?).

Ob für die Lehre von der biologischen Wirkung der Radiumstrahlen im allgemeinen und für die verschiedenen Hypothesen, die man über die Strahlenwirkung aufgestellt hat (Werner, Neuberg, Schwarz u. a.)[2]), die vorliegenden Ergebnisse von Bedeutung sein können, entzieht sich meiner Beurteilung. Es ist wohl anzunehmen, dass bei den Versuchen die β-Strahlen die Einwirkung hervorgebracht haben, da die α-Strahlen durch die Glasröhre zurückgehalten werden und die γ-Strahlen auf grössere Entfernung wirken, während wir ja gerade nur die in nächster Nähe befindlichen Epithelien verändert sehen.

[1]) Werner, Vergleichende Studien zur Frage der biologischen u. therap. Wirkung der Radiumstrahlen. Beiträge zur klin. Chirurgie Bd. 52.

[2]) Litteratur bei Aschoff, die Röntgen- und Radiumstrahlen als Krankheitsursache. Handbuch d. allgem. Pathol. v. Krehl u. Marchand I, p. 171.

Erklärung der Abbildungen.

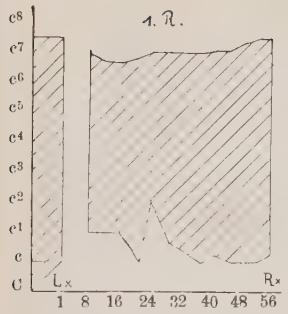
Taf l I. Gehörcurven von Meerschweinchen (vergl. im Text).
Abszisse = Tage.
Ordinate = continuirliche Tonreihe.
X = Operation.
+ = Exitus.

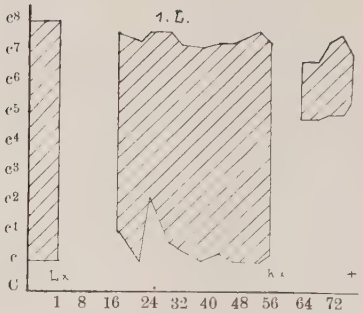
Tafel II Secundäre Spongiosierung des Knochens bei Mittelohreiterung des Meerschweinchens.
Sp = Spongiöse Knochenherde.
M = Mittelohrschleimhaut.
E = Eiter im Mittelohr.
B = Bogengang.
V = Ausmündung des Bogengangs in das Vestibulum.
C = Stark ektatischer Canalis cochlearis.
Sc t = Scala tympani.
Sc v = Scala vestibuli.
St = Musculus stapedius.

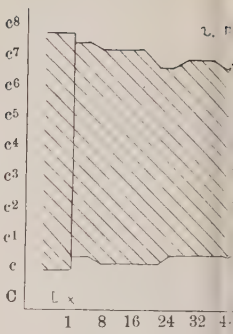
Tafel III. Tauben, deren Ohrlabyrinthe mit Radium bestrahlt wurden.
Fig. 1. Anfall der Taube, bei dem sie auf die Brust stürzt, $5^1/_2$ Monate nach der Bestrahlung auftretend.
Fig. 2. Neigung des Kopfes nach rechts. 7 Monate nach der Bestrahlung auftretend.
Fig. 3. „Kopfverdrehung" mittleren Grades ca. 5 Monate nach Bestrahlung.
Fig. 4. Unterschied der Flügelhaltung 6 Monate nach rechtsseitiger Bestrahlung.
Fig. 5. Starke Kopfverdrehung 6 Monate nach Bestrahlung.
Fig. 6. Kopfverdrehung höchsten Grades, 6 Monate nach Bestrahlung.

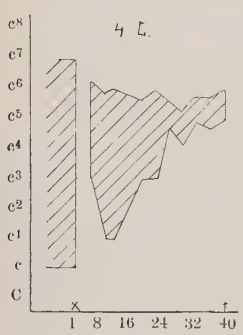
Tafel IV und V. Veränderungen der Crista und Maculae acustica der Taube durch die Radiumbestrahlung.
IV. Crista acustica externa; Fig. 1 nicht bestrahlt, Fig. 2 bestrahlt.
Crista acustica anterior; Fig. 3 nicht bestrahlt, Fig. 4 bestrahlt.
V. Crista acustica posterior; Fig. 1 nicht bestrahlt, Fig. 2 bestrahlt.
Macula utriculi; Fig. 3 nicht bestrahlt, Fig. 4 bestrahlt
Macula sacculi; Fig. 5 nicht bestrahlt, Fig. 6 bestrahlt.

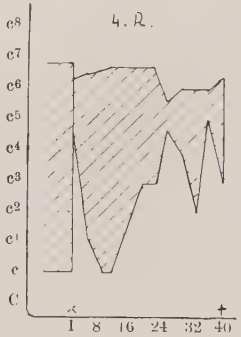
Tafel VI. Mit Radium bestrahlte Meerschweinchenlabyrinthe.
Fig. 1 Crista acustica externa der unbestrahlten Seite.
Fig. 2 Crista acustica externa der bestrahlten Seite.
Fig. 3 und 4 bestrahlte Meerschweinchenschnecke. Umschriebene Degeneration (—) des Cortischen Organs, der Ganglien spirale (G) und der Verzweigungen des Nervus (N) cochlearis. In der darunter liegenden Windung keine Degeneration (+).

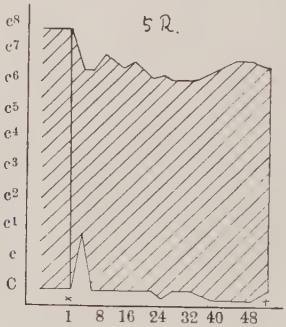

1. R.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
L x
R x
1 8 16 24 32 40 48 56

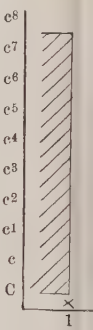

1. L.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
L x
1 8 16 24 32 40 48 56 64 72

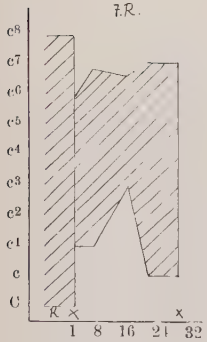

c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
L x
1 8 16 24 32

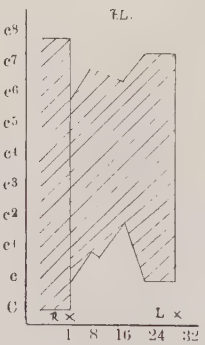

4 L.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
1 8 16 24 32 40

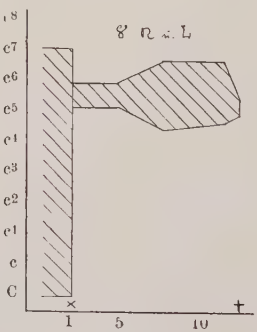

4. R.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
1 8 16 24 32 40

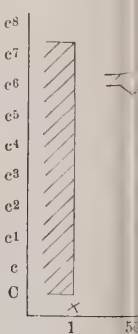

5 R.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
1 8 16 24 32 40 48

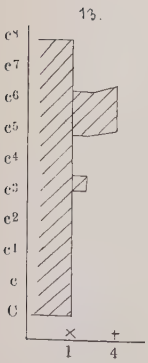

c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
1

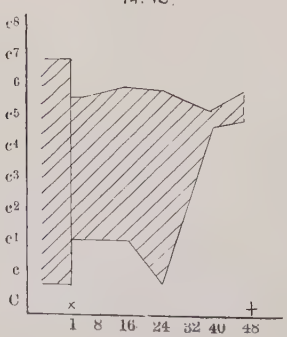

7 R.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
R x
x
1 8 16 24 32

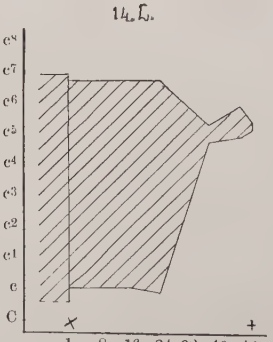

7 L.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
R x
L x
1 8 16 24 32

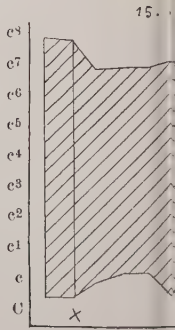

8 R u. L
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
1 5 10

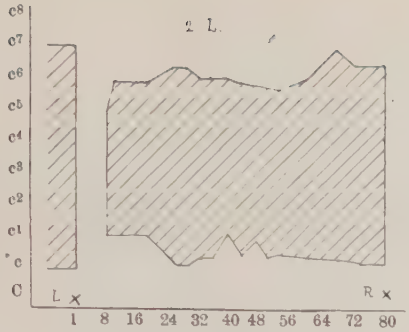

c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
1

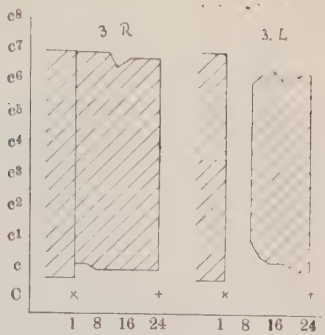

13.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
1 4

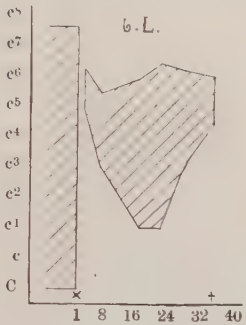

14. R.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
1 8 16 24 32 40 48

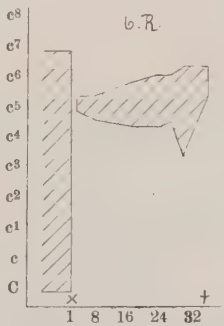

14. L.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
1 8 16 24 32 40 48

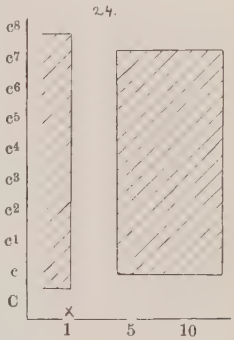

15.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
1 8 16

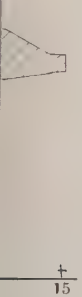

2. L.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
L ×
R ×
1 8 16 24 32 40 48 56 64 72 80

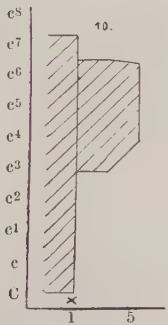

3. R
3. L
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
× + × +
1 8 16 24 1 8 16 24

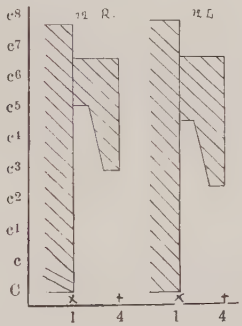

6. L.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
× +
1 8 16 24 32 40

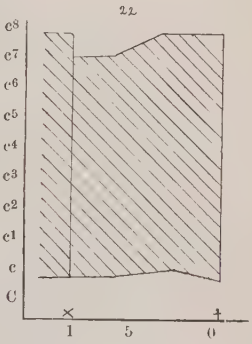

6. R.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
× +
1 8 16 24 32

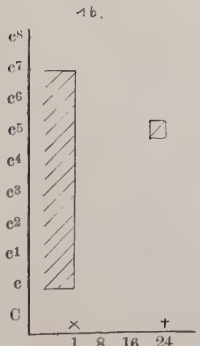

24.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
×
1 5 10

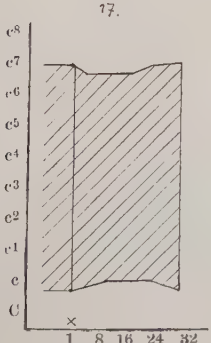


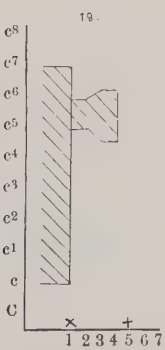

10.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
× +
1 5


12. R.
12. L.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
× + × +
1 4 1 4


22.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
× +
1 5 0


16.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
× +
1 8 16 24


17.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
× +
1 8 16 24 32


18.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
× +
1 2 3 4 5 6 7

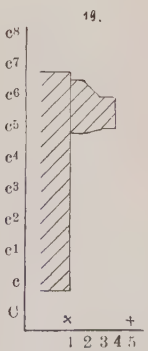

19.
c8 c7 c6 c5 c4 c3 c2 c1 c C
× +
1 2 3 4 5

Fig. 1.

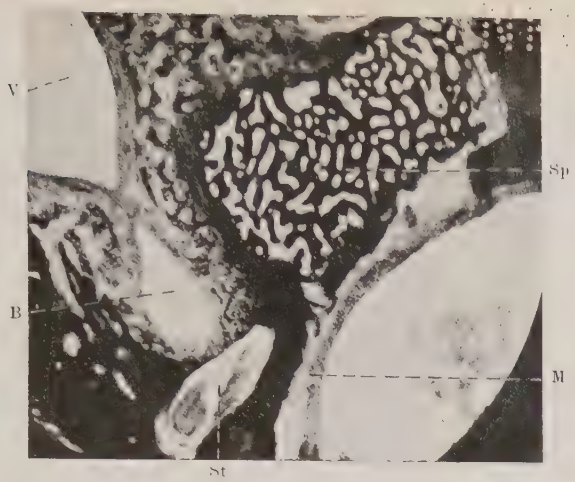


Fig. 2.

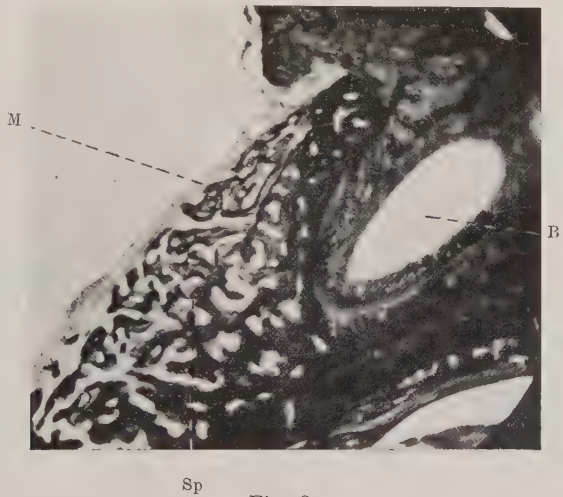


Fig. 3.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 1.

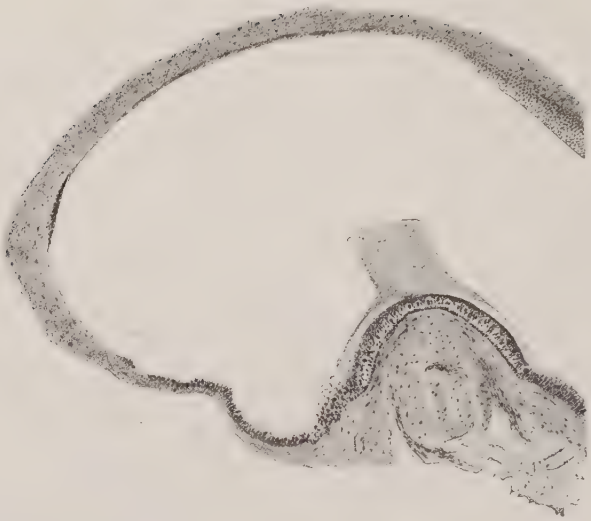


Fig. 3.

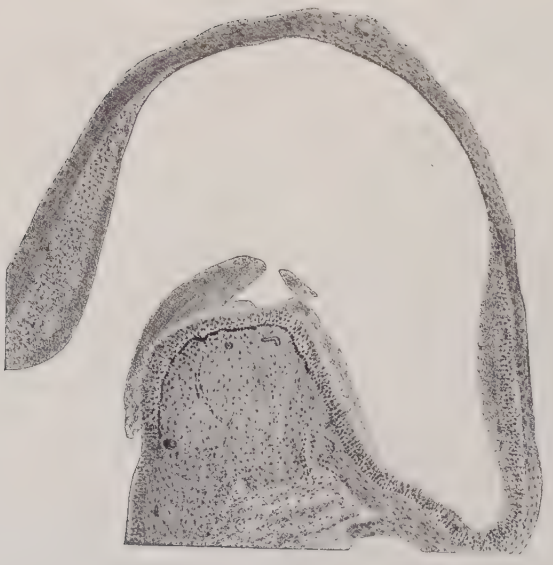


Fig. 2.

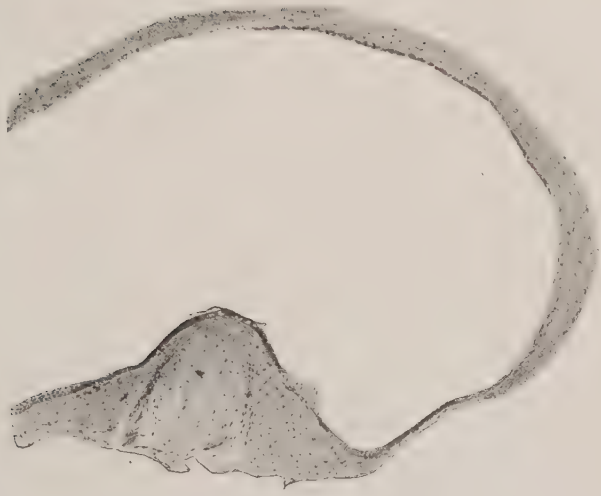


Fig. 4.

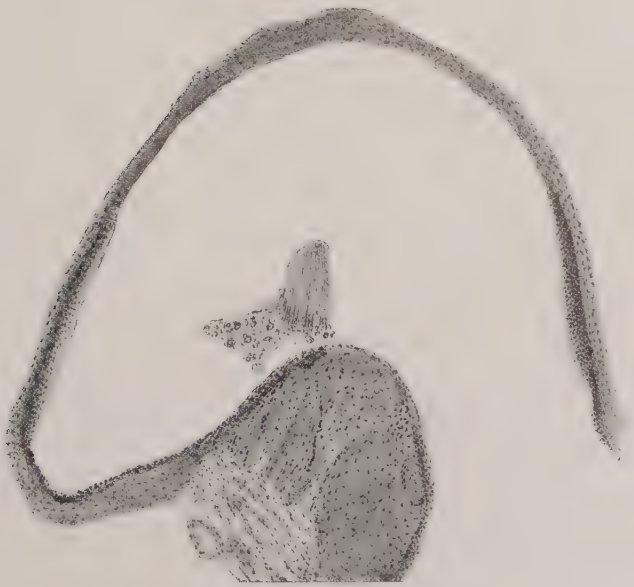


Fig. 1.

Fig. 3.

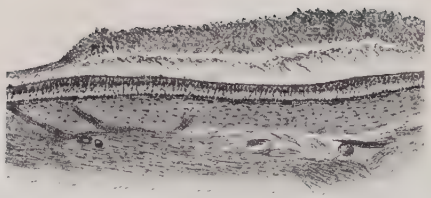


Fig. 5.

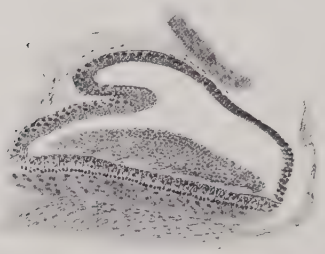


Fig. 2.

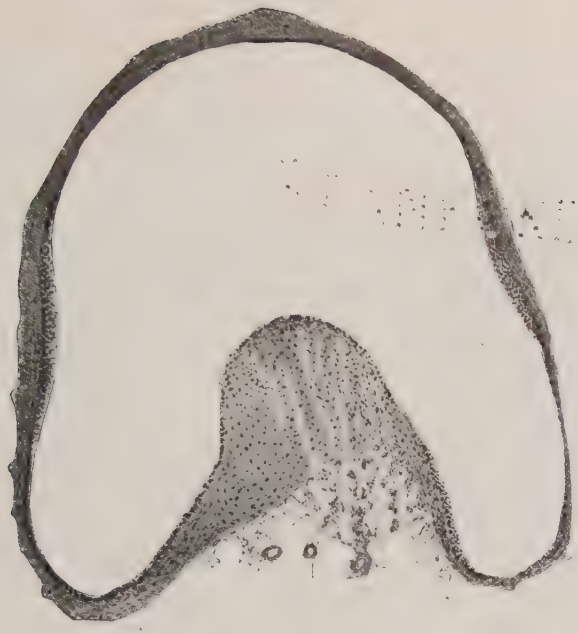


Fig. 4.

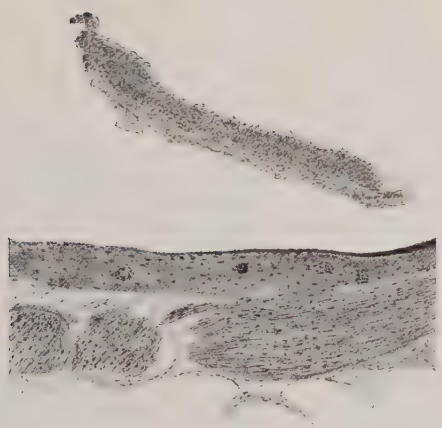


Fig. 6.

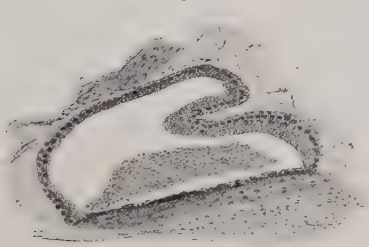


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

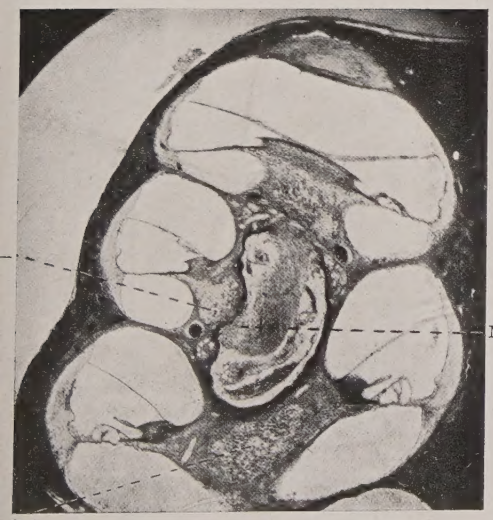


Fig. 4.